Теоретический и прикладной научно-технический журнал

ISSN 1694-55-57

ИЗВЕСТИЯ

Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

№ 29

БИШКЕК – 2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Дуйшеналиев Т. Б. – доктор физико-математических наук, профессор
(главный редактор);
Батырканов Ж.И. – доктор технических наук, профессор
(заместитель главного редактора);
Бостонова П.З. – кандидат педагогических наук, доцент;
(ответственный секретарь);

Абдрахманов С.А. - доктор физико-математических наук, профессор;
Абдымаликов К.А. – доктор экономических наук, профессор;
Баткибекова М.Б. – доктор химических наук, профессор;
Бабак В.Ф. – доктор технических наук, профессор;
Бочкарев И.В. - доктор технических наук, профессор;
Джаманбаев М.Дж. - доктор физико-математических наук, профессор;
Джуматаев М.С. – доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
Джунушалиева Т.Ш. – доктор химических наук, профессор;
Жайнаков А.Ж. – доктор физико-математических наук,, профессор, академик НАН КР;
Кожогулов К.Ч. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
Марипов А. М. – доктор физико-математических наук, профессор;
Обозов О. Дж. – доктор технических наук, профессор;
Осмонбетов К.О. – доктор геолого-минералогических наук, профессор;
Тургумбаев Ж.Ж. - доктор технических наук, профессор.

Ответственный за выпуск	**Курманалиев Б.К.**
Редакторы языковой редакции	Лыткин Ю.М., Бейшеналиева А.
Корректор	Бейшеналиева А., Эркинбек к. Жанара
Технический редактор и компьютерная верстка	Эркинбек к. Жанара

Подписано к печати 12.09.2013. Формат бумаги 60х84$^{1}/_{8}$. Бумага офс.
Печать офс. Объем 44,6 п.л. Тираж 150 экз. Заказ 155.

Издательский центр “Текник”
Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова
720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.
Тел.: 54-29-43, e-mail: beknur@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Асанова С.М.
Вычислительные сети петри для проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий РЭС 6-35 кВ…… 8

Асанова С.М., Асанов М.С., Сатаркулов К.А.
Проектирование системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий распределенных электрических сетей 6-35 кВ……. 15

Касмамбетов Х. Т.
Аналитические зависимости выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой и их определение…….. 21

Тентиев Р.Б.
Снижение активного сопротивления дросселя параметрического делителя частоты как средство повышения эффективности защиты…… 25

М.А. Суеркулов, К.Б. Такырбашев
Построение алгоритмов рза на базе диагностических методик кабельных сетей 6,10 кВ. 29

Джунуев Т.А., Мамакеева А.К.
Интеллектуальные сети как способ повышения надежности ЭЭС ограниченной мощности……. 33

Омокеева А.А.
Коммутационные переходные процессыв цепях генераторного напряжения малых ГЭС 37

Бакасова А.Б., Ниязов Н.Т.
О синергетическом подходе в управлении частотой и напряжением сложной электроэнергетической системы…….. 42

Бакасова А.Б., Кыдырмаева З.С.
Синергетический подход в управлении хаотическими процессами в элементах и устройствах электромеханической системы 47

Маматканов Д.М., Липкин В.И.
О запасах гидроэнергетических ресурсов Кыргызстана и прогноз до 2100 года…… 53

Кадыркулов С.С. , Жусубалиева Б.К., Хожин Г.Х.
Расчетная оценка максимальных потерь энергии и напряжения в распределительных сетях 10 кВ……. 57

Иманакунова Ж.С.
Оценка надежности силового резистора усовершенствованной конструкции на этапе проектирования……. …… 60

Жанқуанышев М. Қ.
Методика исследования и выбора оптимальных параметров активно-индуктивного сопротивления в нейтрали. ……. ……. 64

Асанов М.С., Обозов А.Дж., Жабудаев Т.Ж.
Структурная модель алгоритма расчета МИКРОГЭС
с учетом гидрологических параметров малых водотоков …… 67

Борукеев Т.С.
Особенности расчета магнитной цепи совмещенного электрогидравлического комплекса с массивными роторами для водоснабжения ТЭС и АЭС…….. 73

Борукеев Т.С.
Повышение эффективности работы тепловых электрических станций с использованием совмещенных электрогидравлических комплексов……. 76

Баетов Б.И.
Повышение эффективности использования энергоресурсов- приоритет Государственной энергетической политики Кыргызской республики…… 80

Асанов А.К.
Основные закономерности бытового электропотребления г. Бишкек Кыргызской Республики……. 83

Сатаркулов К.А., Иманакунова Ж.С. Абылгазиев Ж.С.

Многофункциональный преобразователь тока для контроля режима электрической сети……. 88
Сартов Т.Э.
Экспериментальные исследования процесса удаления дефектного слоя с поверхности деталей дуговым разрядом в вакууме…… 92
Актаев Э.Т.
Выбор оптимального управления асинхронного электропривода с системой ПЧ-АД….. 97
Актаев Э.Т.
Применение электропривода с адаптивным редуктором в конструкции мотор – колеса 102
Бопушев Р.Т.
Анализ состояния междугородных и международных автобусных перевозок в Кыргызстане…… 105
Бопушев Р.Т.
Перспективы развития и анализ пассажирских перевозок в междугороднем сообщении Кыргызстана…….. 107
Жолчуев М.К.
Совершенствование методики подготовки водителей в горных условиях..... 109
Самсонов В. А., Даниленко Б. Д.
Выбор режима резания при протягивании…… 112
Алмаматов М.З., Толошов Ч.О.
Синтез одноподвижных механизмов с пятью подвижными звеньями с наиболее сложным базисным звеном $\tau = 3$…….. 115
Алмаматов М.З., Байгазиев М.С.
Классификация молотильных устройств и их рабочий процесс…….. 119
Бекетаева А.О., Дуйшеналиев Т.Б.
Пространственное сверхзвуковое течение совершенного газа с поперечным вдувом струй…… 124
Байгазиев М.С.
Основное уравнение работы молотильного барабана и его анализ…… 132
Торобеков Б.Т., Охотников В.И.
О влиянии обустройства пешеходного пространства на условия движения пешеходов… 135
Аскарбеков Р.Н.
Моделирования сжатия резинометаллического амортизатора в ANSYS……. 139
Аскарбеков Р.Н., Рабидинова Ж.Д.
Деформирование резинометаллического амортизатора при сжатии…… 143
Калназаров У.А.
Проблемы развития внутренних и международных автомобильных перевозок…… 147
Омуров Ж.М.
Количественна и качественная оценка показателей логистики на транспорте…… 151
Абакиров С.А.
Социальные аспекты безопасности дорожного движения…… 155
Рагрин Н.А., Айнабекова А.А., Нарыжный С.В.
Влияние скорости резания на наличие и высоту нароста при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами……. 157
Самсонов В.А., Рагрин Н.А., Стародубов И.И.
Особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл …….. 160
Энгельшт В.С., Мураталиева В.Ж.
Примеры нетрадиционной энергетики…… 164
Башиков И.Т.
Методика экспериментальных исследований разработки снега бульдозером с выдвигаемым отвалом……..……. 167
Самсалиев А.А.
Устройство и способ плазменного обжига неметаллических материалов……... 171
Самсалиев А.А.
Устройство и способ регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ…… 174

Зимин И.В.
Эффективное использование канального ресурса в моделях QoS для мульти сервисных сетей……. 177
Зимин И.В.
Исследование модели на основе рекурсивного алгоритма для определения обьема канального ресурса трафика в сервисах реального времени……. 186
Куцев Е.И.,Урдалетова С.Б., Жумабаев М.Ж.
Стандарты ЦНТВ: выбор для Кыргызстана…… 193
Мырзаканова Р.А.,Сатаркулов К.,Туктаров В.
Дистанционное диагностирование элементов электроустановок……. 198
Такырбашев Б.К.
Критерии качества управления в электроэнергетических системах……. 201
Рагрин Н.А.
Способы определения точек максимума и перегиба стойкостной зависимости …… 206
Орузбаева Г.Т., Касымова М.Т.
Развитие керамического, металлургического, стекольного производств на территории Кыргызстана до XII в.. ……. 209
Постнов А.А.,Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А.
Разработка цифровой унифицированной системы управления электроприводами..... 213
Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А.
Разработка системы управления электропривода по системе шип – Д для ПСУ Бишкекской ТЭЦ…… 217
Дуйшоев С.Д., Маткеримов Т.Ы., Атамкулов У.Т.
Совершенствование организации пропуска крупногабаритных и тяжеловесных транспортных средств по автомобильным дорогам..... 222
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
Абдулмохсин Х., Батырканов Ж.И.
FPGA’s SENSOR, LIGHT Image Sensor…… 226
Абдулмохсин Х., Батырканов Ж.И.
Apache Security…… 230
Оморов Т.Т., Асылбеков Н.С., Кыдыралиева Г.Ж.
Решение задачи определения неизвестной функции для заданной нейронной сети…….. 236
Боскебеев К.Дж., Абдраупова Г.Р.
Построение имитационной модели управления акиматом на базе сети петри …….. 239
Баймухамедов М.Ф., Батырканов Ж.И.
К вопросу об автоматизации управления на транспорте ……. 243
Баймухамедов М.Ф.
Разработка адаптивной системы электронного обучения ASET…… 246
Оздуман Куршат
Метод анализа и синтеза управления знаниями……. 252
Кадыркулова К.К.
Адаптивное управление при таблично заданных предписанных траекториях движения 255
Батырканов Ж.И., Оздуман Куршат
Интеллектуальные информационные системы в дистанционном образовании……. 257
Абдраупова Г.Р.
Извлечение знаний из интеллектуальных программ на естественном языке……. 261
ХИМИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.
Разработка методики исследований для изучения растворимости оксида кальция в сахаросодержащем растворе в процессе дефекации и сатурации……. 264
Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Коенов А.Т., Айталиева М.М., Калинина Н.А.
Разработка способов брожения и конструкции бродильного аппарата для производства национального напитка «МАКСЫМ» …… 269
Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.
Влияние растворимости оксида в сахаросодержащем растворе на структурирование

фильтрационного осадка…….. 273
Супонина Т.А., Алымкуловв Н.Б.
Содержание аскорбиновой кислоты в картофеле в зависимости от условий хранения 277
Каримова И.С.
Исследование возможности формирования нано-композиционных электролитических покрытий хром-шунгит……. 279
Абдыкеримова А.С.
Квазикристаллическая кластерная модель жидких металлов..... 282
ФИЗИКО – МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
Муслу И.
Интерактивный способ решения первого порядка линейных дифференциальных уравнений…… 286
Джаманбаев М.Дж., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С.
Методика определения температуры и коэффицентов теплообмена грунта……... 289
Марипов А., Исманов Ю.Х.
Влияние ограниченности апертуры решетки на эффект тальбота…… 293
Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А., Исманжанова А.К.
Исследование влияния многослойных покрытий теплиц на вегетацию и урожайность растений…….. 297
ГОРНОЕ ДЕЛО
Тажибаев К.Т., Султаналиева Р.М.
Акматалиева М.С., Тажибаев Д. К.
Метод оптимального разупрочнения и измельчения, крепких руд и минералов..... 303
Тажибаев К.Т., Султаналиева Р.М., Конушбаева А.Т.
Поверхностная энергия минералов и горных пород…….. 310
Клименко Д.П.
Последствия влияния деятельности хвостохранилищ АК-ТЮЗ на загрязнение долины реки ЧУ. 316
Мелешко А.А., Молдобеков Б.Д.
Концепция оценки опасности и риска природных процессов…….. 320
Шамсутдинов М.М., Таштанбаева В.О.
Стенд и методика проведения исследования по диагностике стальных канатов шахтных (лифтовых) подъёмных установок ……. 322
Исмаилов Б.И., Раматов К.С.
Об одной гранично-элементной модели исследования анизотропных породных массивов……. 325
ИННОВАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ
Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т.
Теоретико-множественная модель И-ВУЗА…… 330
Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т.
Теоретико-множественная модель управления знаниями……. 336
Оморов Т.Т., Жолдошов Т.М., Кожекова Г.А., Джолдошов Б.О.
Синтез САУ технологическим процессом намотки длинномерных материалов 343
ХРОНИКА
Рахимову Калыю Рахимовичу 75 лет 351
***Живоглядову Валерию Петровичу 75 лет*……. 354
***Кадырову Ишембеку Шакировичу 60 лет*……. 356

Предисловие

В условиях глобализации мировой экономики, рыночных отношений, выживает экономика только тех стран, которые строят ее развитие на инновационной основе, т.е. с использованием в производстве последних достижений научно-технического прогресса.

Одной из важнейших национальных задач на современном этапе является формирование инновационной модели экономики. Это предполагает формирование институционных и иных условий осуществления научной и инновационной деятельности, механизмов ее стимулирования по всей инновационной цепочке: «воспроизводство знаний посредством фундаментальных исследований – проведение прикладных исследований и разработок – внедрение научно-технических результатов в производство – производство конкурентоспособности инновационной продукции и ее реализация» Центральное место в создании данной цепочки, принадлежит совершенствованию политики финансирования науки и инноваций. Причем, основными ее элементами должны выступить: повышение эффективности использования средств государственного бюджета, направляемых на выполнение исследований, разработок и внедрение их результатов в производство; усиление программно-целевого метода финансирования научно-инновационной сферы; привлечение дополнительных (альтернативных) источников финансирования науки и инноваций.

Функционирование экономики в любой стране, в основном, базируется на труде инженеров. Для подготовки инженеров высокого уровня, определяющим фактором является учебно-методический, научный потенциал технического вуза. При подготовке инновационных инженерных кадров, т.е. инженеров, нацеленных на внедрение инновационной в производство, несомненно, важна научная компонента. В деятельности ВУЗа по подготовке специалистов, наука должна быть поставлена на первое место, это связано с тем, что профессорско-преподавательский состав, занимаясь научными исследованиями, поднимает свой уровень знаний, кроме того ППС должен активно привлекать студентов для решения новых инновационных научно-технических проблем. Такой подход широкого погружения студентов, аспирантов в инновационные проблемы обеспечивает не только эффективную передачу знаний, но и прививает будущему специалисту инновационное мышление.

В сборник вошли статьи, отражающие научные результаты, полученные как сотрудниками КГТУ им. И.Раззакова, так и исследователями зарубежных университетов и научных учреждений.

Зам. главного редактора, профессор  Ж.И.Батырканов

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК.: 004.73:681.518.001.63:621.315.1

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБРЫВА ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РЭС 6-35 кВ

Асанова С.М.
КГТУ им. И.Раззакова
E-mail: a_sm07@mail.ru

В данной работе разработан самоорганизующийся, многокомпонентный, структурно-подобный вычислительный алгоритм для проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий в распределительных электрических сетях среднего напряжения с использованием многофункционального провода.

In the present work the author developed self-organizing, multicomponent, structure-like computational algorithm for projecting of wire break distant diagnostics system of overhead transmission lines in distributional electrical networks of medium voltage with the use of multi-functional wire.

Введение. В работе [1] разработан эффективный способ проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода на участках воздушной линии РЭС 6-35 кВ, в котором предполагается, что электрическая сеть выполнена с использованием многофункционального провода, где одна из токопроводящих жил изолирована от остальных. Описанные в работе [1] алгоритмы расчета желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети и расчета настраиваемых сопротивлений имеют классическую структуру организации вычислительных процессов, где с трудом проглядывается структура самой проектируемой системы, что приводит к определенным трудностям при их понимании, реализации на ЭВМ и анализе полученных результатов. Указанные трудности многократно повышаются при увеличении размерности и усложнении структуры проектируемой системы. Удобным средством для построения структурноподобных вычислительных алгоритмов является аппарат вычислительных сетей Петри (ВСП) [2]. Ниже описывается ВСП, реализующая структурноподобный вычислительный алгоритм проектирования системы дистанционного и оперативного обнаружения обрыва провода ВЛ.

Постановка задачи и схема ее решения описана в работе [1]. С целью использования аппарата ВСП при проектировании данной системы, представим процедуры анализа топологии сети, расчета желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети и расчета настраиваемых сопротивлений цепи для получения желаемого распределения токов, как управляемый дискретный динамический процесс движения информационных маркеров на графах сети и их соответствующего преобразования. $ВСП_{ПР,}$ реализующая процесс проектирования, состоит из $ВСП_{I}$ и $ВСП_{II}$, взаимосвязанных через соответствующие позиции, где $ВСП_{I}$ предназначена для реализации вычислительного алгоритма анализа топологии и расчета желаемого распределения токов по информационным проводам путем управляемого движения и преобразования информационных маркеров, начиная с конечных узлов (вершин) в направлении

узла питания (начальной вершины) графа сети, а $ВСП_{П}$ – алгоритма расчета настраиваемых сопротивлений цепи для получения желаемого распределения токов путем движения и преобразования информационных маркеров, начиная от узла питания, в направлении конечных узлов.

Функциональная схема $ВСП_{I}$ имеет двухуровневую структуру и является объединением схем вычислительных блоков нижнего $ВСП_{Гр}$ и верхнего $ВСП_{Упр}$ уровней:

$$ВСП_{I} = ВСП_{Гр} \bigcup ВСП_{Упр} \qquad (1)$$

При функционировании $ВСП_{Гр}$ формируется многоуровневая иерархическая схема графа цепи информационных проводов (см. рис. 1) путем разбиения множества узлов исходного графа на уровни иерархии и, по мере такого разбиения, производится, под управлением $ВСП_{Упр}$, расчет желаемого распределения токов по информационным проводам. $ВСП_{Гр}$ является объединением схем (графов) вычислительных блоков и модулей, показанных на рис. 2:

$$ВСП_{Гр} = (\bigcup_{i_2 \in L_0} ВСП^0_{i_2}) \cup (\bigcup_{i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}} ВСП^s_{i_2}) \cup (\bigcup_{i_1 \in L \setminus L_0} ВСП_{\Gamma(i_1)}), \qquad (1')$$

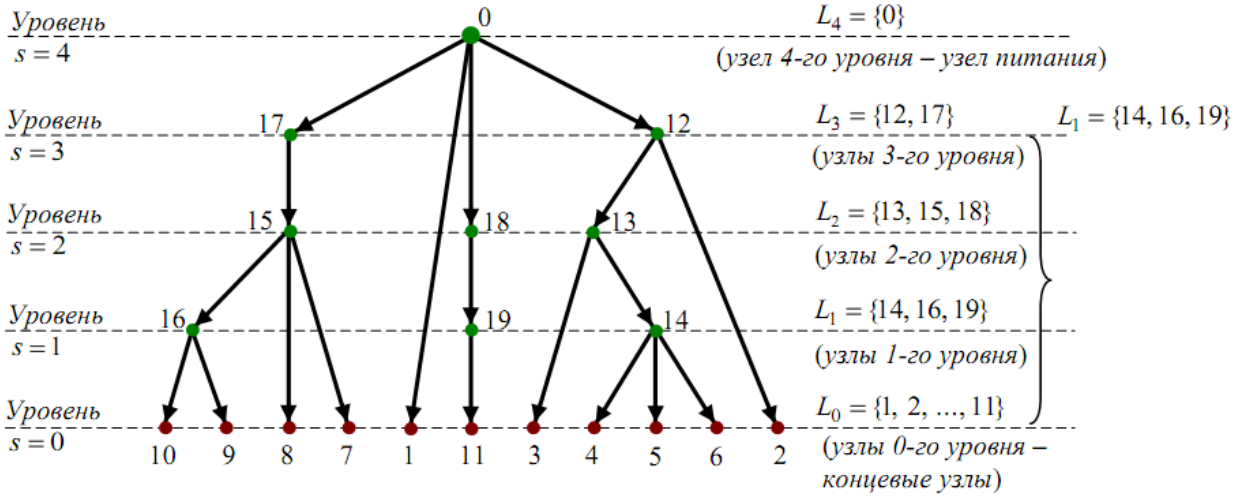


Рис. 1. Многоуровневая иерархическая схема графа РЭС

где $ВСП^0_{i_2}$, $\forall i_2 \in L_0$ - вычислительный блок конечного узла $i_2 \in L_0$, предназначенный для вычисления токов I_{i_1,i_2}, I_{i_2} и состояния условного ключа K_{i_2}; каждый блок $ВСП^0_{i_2}$ состоит из одного вычислительного модуля (ВМ) $V(t^0_{i_2})$ перехода $t^0_{i_2}$ (рис. 2, *а,б,в*); $ВСП^0_{i_2}$, $\forall i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$ - вычислительный блок промежуточного узла $i_2 \in (L \setminus L_0) \setminus \{0\}$, предназначенный для вычисления токов I_{i_1,i_2}, I_{i_2} и состояния условного ключа K_{i_2}; каждый блок $ВСП^0_{i_2}$ состоит из трех взаимосвязанных ВМ $V(t^1_{i_2})$, $V(t^2_{i_2})$, $V(t^3_{i_2})$ переходов соответственно $t^1_{i_2}$, $t^2_{i_2}$, $t^3_{i_2}$ (рис. 2, *г,д,е*); $ВСП_{\Gamma(i_1)}$, $\forall i_1 \in L \setminus L_0$ - вычислительный блок, предназначенный для вычисления суммарного тока I'_{i_1}, вытекающего из узла i_1 по множеству ориентированных ветвей, начальными вершинами которых является i_1, а конечными - вершины из множества $\Gamma(i_1)$, и участвующий в разбиении множества узлов (вершин) исходного графа сети на уровни иерархии; каждый блок $ВСП_{\Gamma(i_1)}$ состоит из одного ВМ $V(t_{\Gamma(i_1)})$ перехода $t_{\Gamma(i_1)}$ (рис.2, *ж,з,и*).

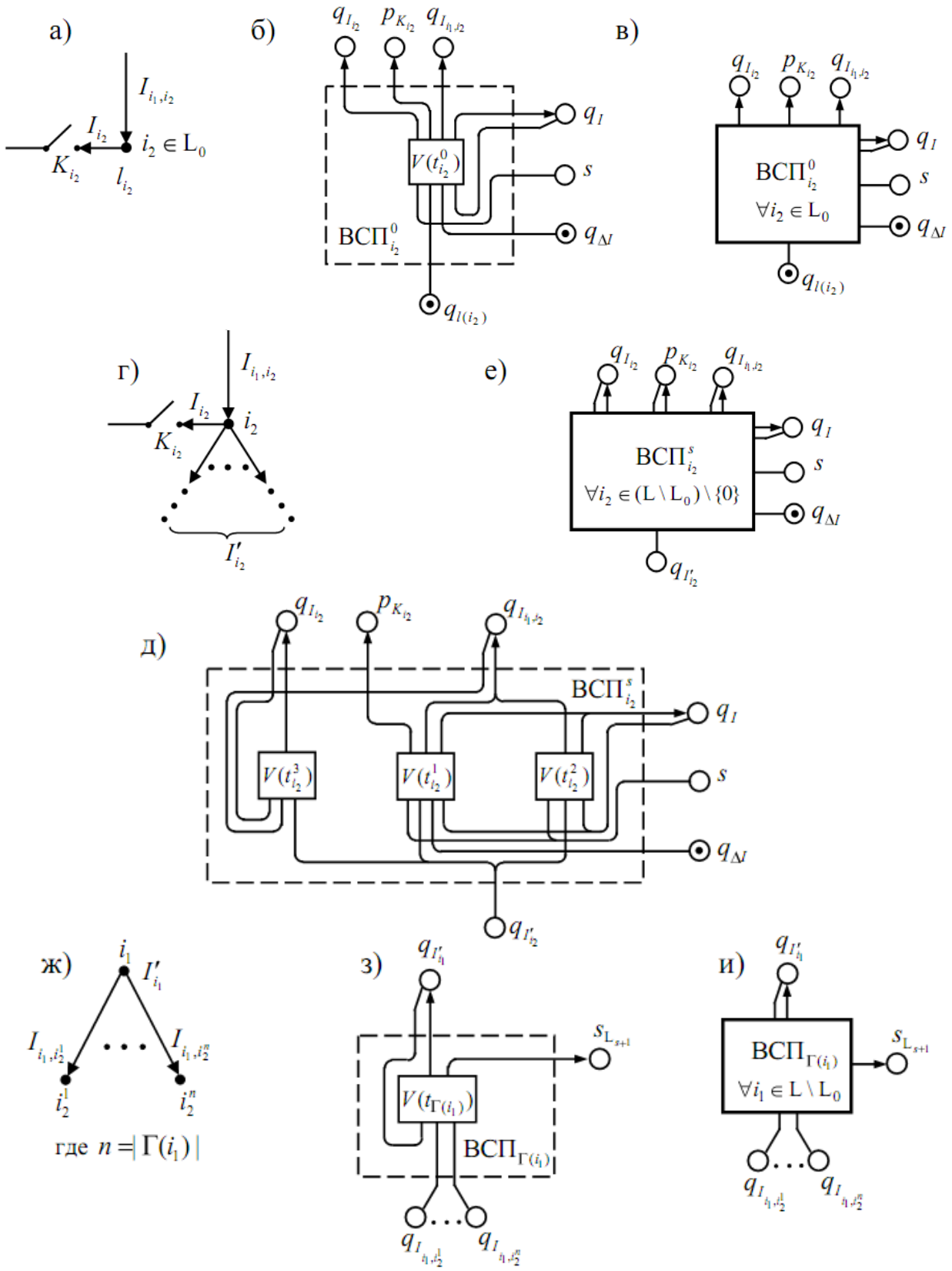


Рис. 2. ВСП узлов (вершин) графа электрической цепи информационных проводов

Функциональная схема ВСП$_{\text{Упр}}$ в виде взаимосвязанных ВМ $V(t_0^{\text{У}}), ..., V(t_5^{\text{У}})$, переходов, соответственно, $t_0^{\text{У}}, ..., t_5^{\text{У}}$, показана на рис. 3. В схеме ВСП$_{\text{I}}$ преду-

смотрены позиции $\{q_{l(i)} \mid i \in \mathrm{L}_0\}$, $q_{\Delta I}$, s_0, q_U, для хранения исходных данных решаемой задачи. При наличии в них исходных данных (информационных маркеров), их состояние:

$$\mu(q_{l(i)}) = l(i),\ \forall i \in \mathrm{L}_0;\quad \mu(q_{\Delta I}) = \Delta I;\quad \mu(s_0) = q_{I'_0};\quad \mu(q_U) = U_0. \qquad (2)$$

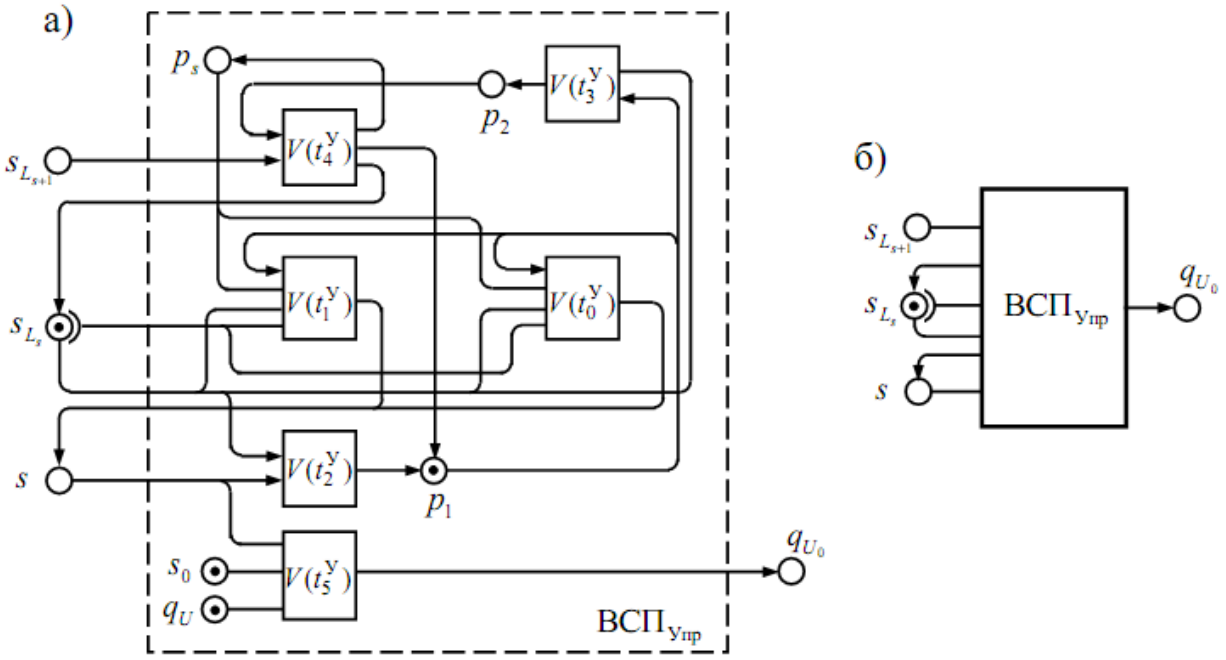


Рис. 3. ВСП для управления последовательностью срабатывания ВСП узлов (вершин) графа электрической цепи информационных проводов

Состояние процесса функционирования ВСП$_{\mathrm{I}}$ характеризуется состоянием позиций

$$q_{I_{i_1,i_2}},\ \forall (i_1, i_2) \in \Gamma,\ q_{I_i},\ p_{K_i},\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \{0\},$$
$$q_{I'_i},\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0,\ q_I,\ s_{\mathrm{L}_{s+1}},\ s_{\mathrm{L}_s},\ s,\ p_1,\ p_2,\ p_s \qquad (3)$$

При наличии в них информационных маркеров, их состояние:

$$\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) = I_{i_1,i_2},\ \forall (i_1, i_2) \in \Gamma;$$

(4)

$$\mu(q_{I_i}) = I_i,\quad \mu(p_{K_i}) = K_i = 1,\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}; \qquad (5)$$

$$\mu(q_{I'_i}) = I'_i,\quad \forall i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0;\ \mu(q_I) = I; \qquad (6)$$

$$\mu(s_{\mathrm{L}_{s+1}}) \subseteq \{q_{I'_i} \mid i \in \mathrm{L}_{s+1}\}; \qquad (7)$$

$$\mu(s_{\mathrm{L}_s}) \subseteq \begin{cases} \{q_{l(i)} \mid i \in \mathrm{L}_0\},\ \textit{при рассмотрении } s = 0\textit{-го} \\ \qquad \textit{уровня иерархии,} \\ \{q_{I'_i} \mid i \in \mathrm{L}_s\},\ \textit{при рассмотрении } s > 0\textit{-го} \\ \qquad \textit{уровня иерархии,} \end{cases} \qquad (8)$$

$$\mu(s) \in \mu(s_{\mathrm{L}_s}),\ \mu(p_1) = \mu(p_2) = 1,\ \mu(p_s) = 1, 2, 3, \ldots \qquad (9)$$

Здесь: позиции q_I, s, $q_{\Delta I}$ являются общими для вычислительных блоков $\mathrm{ВСП}_i^0$, $\forall i \in \mathrm{L}_0$ и $\mathrm{ВСП}_i^s$, $\forall i \in (\mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0) \setminus \{0\}$ (рис. 2, *а-е*), а позиция $s_{\mathrm{L}_{s+1}}$ - общим для вычислительных блоков $\mathrm{ВСП}_{\Gamma(i)}$, $\forall i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0$ (рис. 2, *ж-и*); через

позиции $s_{L_{s+1}}$, s и указателя $\&s_{L_s}$ осуществляется обмен информацией между вычислительными блоками нижнего $ВСП_{Гр}$ и верхнего $ВСП_{Упр}$ уровнями.

По завершении функционирования $ВСП_{I}$, вычислительный блок верхнего уровня $ВСП_{Упр}$ преобразует состояние позиции q_{U_0} из $\mu(q_{U_0})=0$ в $\mu(q_{U_0})=U_0$, в результате чего запускается $ВСП_{II}$.

Вычислительный алгоритм, реализуемый при функционировании $ВСП_{I}$. Позиции, необходимые для хранения информационных маркеров при функционировании $ВСП_{I}$, определены в (3)-(8). Исходными данными для функционирования $ВСП_{I}$ являются состояния позиций из (2). Начальное состояние позиций s_{L_s}, p_1 из набора (3): $\mu(s_{L_s})=\{q_{l(i)}\,|i\in L_0\}$; $\mu(p_1)=1$. Остальные же позиции из данного набора (3) пустые, т.е. в них маркеры отсутствуют. Маркированные позиции на рис. 2 и 3 изображены как кружочки с фишками. Вычислительный алгоритм, заложенный в $ВСП_{I}$ (1), включает вычислительные процедуры, реализуемые при функционировании $ВСП_{Упр}$ и $ВСП_{Гр}$, взаимосвязанных через позиции $s_{L_{s+1}}$, s и указатель $\&s_{L_s}$.

1. Процедуры, реализуемые при функционировании $ВСП_{Упр}$ (рис. 2):

а) при $(\mu(p_s)=0)\&(\mu(p_1)=1)\&(\mu(s_{L_s})\neq"")$, переход $t_0^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_0^{У})$, в результате чего $\mu(s)=q_{l(i)}\in\mu(s_{L_s})$ такое, что

$$\mu(q_{l(i)})=\max\mu(\&s_{L_s})=\max_{x\in\mu(s_{L_s})}\mu(x),\quad \mu(p_1)=0; \tag{10}$$

б) при $(\mu(p_s)>0)\&(\mu(p_1)=1)\&(\mu(s_{L_s})\neq"")$, переход $t_1^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_1^{У})$, в результате чего $\mu(s)=q_{I_i'}\in\mu(s_{L_s})$ такое, что

$$\mu(q_{I_i'})=\min\mu(\&s_{L_s})=\min_{x\in\mu(s_{L_s})}\mu(x),\quad \mu(p_1)=0; \tag{11}$$

в) при $\mu(s)\neq""$, переход $t_2^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_2^{У})$, в результате чего $\mu'(s_{L_s})=\mu(s_{L_s})\setminus\mu(s),\quad \mu(s)="",\quad \mu(p_1)=1;$

г) при $(\mu(p_1)=1)\&(\mu(s_{L_s})="")$, переход $t_3^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_3^{У})$, в результате чего $\mu(p_2)=1,\quad \mu(p_1)=0;$

д) при $(\mu(p_2)=1)\&(\mu(s_{L_{s+1}})\neq"")$, переход $t_4^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_4^{У})$, в результате чего

$$\mu(s_{L_s})=\mu(s_{L_{s+1}}),\quad \mu(s_{L_{s+1}})="",\quad \mu(p_1)=1,\quad \mu(p_2)=0; \tag{12}$$

е) при $\mu(s)=\mu(s_0)$, переход $t_5^{У}$ - активный. Срабатывает $V(t_5^{У})$, в результате чего

$$\mu(q_{U_0})=\mu(q_U). \tag{13}$$

$ВСП_{Упр}$, управляя состоянием $\mu(s)$ позиции s (10), (11) на основе топологической информации $\mu(s_{L_{s+1}})$ (12), (14), поступающей в позицию $s_{L_{s+1}}$ от $ВСП_{Гр}$, управляет вычислительным процессом, протекающим при функционировании $ВСП_{Гр}$.

2. Процедуры, реализуемые при функционировании $ВСП_{Гр}$ (11), состоящей из вычислительных блоков $ВСП_{i_2}^0$, $\forall i_2\in L_0$, $ВСП_{i_2}^s$, $\forall i_2\in(L\setminus L_0)\setminus\{0\}$ и $ВСП_{\Gamma(i_1)}$, $\forall i_1\in L\setminus L_0$ (рис. 2):

а) при $\mu(s)=|(q_{l(i_2)})$, переход $t_{i_2}^0$ - активный. Срабатывает $V(t_{i_2}^0)$, в результате чего (рис. 2, *а,б,в*)

$$\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) = \mu(q_{I_{i_2}}) = \mu(q_I) + \mu(q_{\Delta I}), \quad \mu'(q_I) = \mu(q_I) + \mu(q_{\Delta I}), \quad \mu(p_{K_{i_2}}) = 1; \qquad (14)$$

б) при $\mu(s) = |(q_{I'_{i_2}})$ начинает функционировать $\text{ВСП}^s_{i_2}$, состоящая из вычислительных модулей $V(t^1_{i_2})$, $V(t^2_{i_2})$, $V(t^3_{i_2})$ (рис. 2, *г,д,е*), т.е.

- при $(\mu(s) = |(q_{I'_{i_2}})) \& (\mu(q_{I'_{i_2}}) \le \mu(q_I))$, переход $t^1_{i_2}$ - активный. Срабатывает $V(t^1_{i_2})$, в результате чего $\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) = \mu(q_I) + \mu(q_{\Delta I})$, $\mu'(q_I) = \mu(q_I) + \mu(q_{\Delta I})$, $\mu(p_{K_{i_2}}) = 1$;

- при $(\mu(s) = |(q_{I'_{i_2}})) \& (\mu(q_{I'_{i_2}}) > \mu(q_I))$, переход $t^2_{i_2}$ - активный. Срабатывает $V(t^2_{i_2})$, в результате чего $\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) = \mu(q_{I'_{i_2}})$, $\mu(q_I) = \mu(q_{I'_{i_2}})$;

- при $(\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) > 0) \& (\mu(q_{I_{i_2}}) = 0)$, переход $t^3_{i_2}$ - активный. Срабатывает $V(t^3_{i_2})$, в результате чего $\mu(q_{I_{i_2}}) = \mu(q_{I_{i_1,i_2}}) - \mu(q_{I'_{i_2}})$;

в) при $(\mu(q_{I_{i_1,i_2}}) > 0,\ \forall i_2 \in \Gamma(i_1)) \& (\mu(q_{I'_{i_1}}) = 0)$, переход $t_{\Gamma(i_1)}$ - активный. Срабатывает $V(t_{\Gamma(i_1)})$, в результате чего (рис. 2, *ж,з,и*)

$$\mu(q_{I'_{i_1}}) = \sum_{i_2 \in \Gamma(i_1)} \mu(q_{I_{i_1,i_2}}), \qquad (15)$$

$$\mu'(s_{\mathrm{L}_{s+1}}) = \mu(s_{\mathrm{L}_{s+1}}) \circ |(q_{I'_{i_1}}). \qquad (16)$$

По окончании работы ВСП_I начинает функционировать ВСП_II. Условием начала ее функционирования является наличие информационного маркера в позиции q_{U_0}, т.е. информации о напряжении в узле питания $\mu(q_{U_0}) = \mu(q_U) = U_0$ (13), (2). ВСП_II является объединением схем (графов) вычислительных блоков и модулей, показанных на рис. 2:

$$\text{ВСП}_\text{II} = \bigcup_{(i_1,i_2)\in\Gamma} \text{ВСП}_{i_1,i_2}, \qquad (17)$$

где $\text{ВСП}_{i_1,i_2}$, $\forall(i_1, i_2) \in \Gamma$ - вычислительный блок ориентированной ветви $(i_1, i_2) \in \Gamma$, предназначенный для вычисления напряжения U_{i_2} и настраиваемого сопротивления R_{i_2}; каждый блок $\text{ВСП}_{i_1,i_2}$ состоит из трех взаимосвязанных вычислительных модулей $V(t^4_{i_2})$, $V(t^5_{i_2})$, $V(t^6_{i_2})$ переходов, соответственно, $t^4_{i_2}$, $t^5_{i_2}$, $t^6_{i_2}$ (рис. 4).

В схеме ВСП_II предусмотрены позиции $\{q_{R_{i_1,i_2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$ для хранения исходных данных:

$$\mu(q_{R_{i_1,i_2}}) = R_{i_1,i_2},\ \forall(i_1, i_2) \in \Gamma. \qquad (18)$$

Позиции $\{q_{I_{i1,i2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$, $\{q_{I_i} | i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}\}$, q_{U_0} предназначены для хранения выходной информации ВСП_I (15), (16), являющейся одновременно входной для ВСП_II:

$$\mu(q_{I_{i1,i2}}) = I_{i_1,i_2},\ \forall(i_1, i_2) \in \Gamma;\ \mu(q_i) = I_i,\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \{0\};\ \mu(q_{U_0}) = U_0. \qquad (19)$$

Состояние процесса функционирования ВСП_II характеризуется состоянием позиций $\{q_{U_{i1,i2}} | (i_1, i_2) \in \Gamma\}$, $\{q_{U_i} | i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}\}$, $\{q_{R_i} | i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}\}$.

При наличии в них информационных маркеров, их состояние:

$$\mu(q_{U_{i1,i2}}) = U_{i_1,i_2},\ \forall(i_1, i_2) \in \Gamma;\ \mu(q_{U_i}) = U_i,\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \{0\};\ \mu(q_{R_i}) = R_i,\ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}. \qquad (20)$$

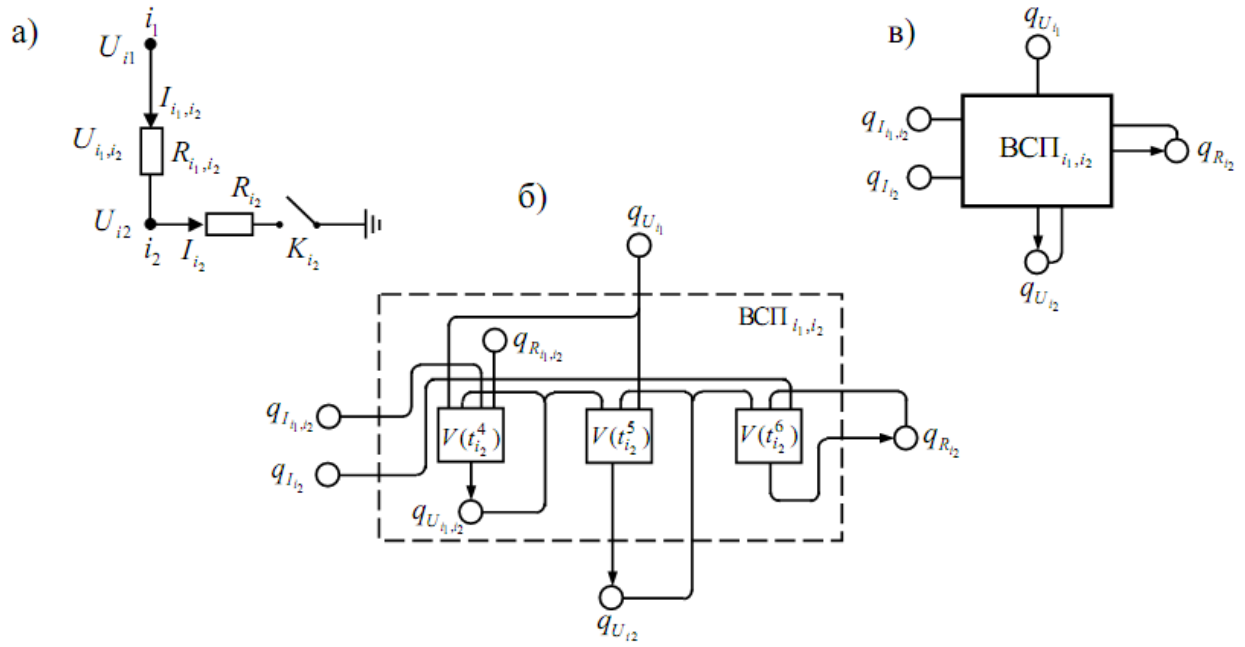


Рис. 4. ВСП ветвей (дуг) графа электрической сети информационных проводов

Вычислительный алгоритм, реализуемый при функционировании $ВСП_{II}$. Позиции, необходимые для хранения информационных маркеров при функционировании $ВСП_{II}$, определены в (20), а в (19) – определена входная информация, поступившая от $ВСП_{I}$. Исходными данными для функционирования ВСП являются состояния позиций из (18). Начальные состояния позиций из (20) – пустые, т.е. в них отсутствуют маркеры.

Вычислительный алгоритм, заложенный в $ВСП_{II}$ (17), включает следующие вычислительные процедуры: при $(\mu(q_{U_{i1}})>0)\&(\mu(q_{U_{i1,i2}})=0)$, переход $t_{i_2}^4$ - активный. Срабатывает $V(t_{i_2}^4)$, в результате чего $\mu(q_{U_{i1,i2}})=\mu(q_{R_{i1,i2}})*\mu(q_{I_{i1,i2}})$;

при $(\mu(q_{U_{i1,i2}})>0)\&(\mu(q_{U_{i2}})=0)$, переход $t_{i_2}^5$ - активный. Срабатывает $V(t_{i_2}^5)$, в результате чего $\mu(q_{U_{i2}})=\mu(q_{U_{i1}})-\mu(q_{U_{i1,i2}})$;

при $(\mu(q_{U_{i2}})>0)\&(\mu(q_{I_{i2}})>0)\&(\mu(q_{R_{i2}})=0)$, переход $t_{i_2}^6$ - активный. Срабатывает $V(t_{i_2}^6)$, в результате чего $\mu(q_{R_{i2}})=\mu(q_{U_{i2}})/\mu(q_{I_{i2}})$.

Заключение. Таким образом, вычислительные сети Петри использованы для построения самоорганизующихся, многокомпонентных, вычислительных алгоритмов анализа топологии и проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода ВЛ РЭС 6-35 кВ.

Литература

1. Асанова С.М., Асанов М.С., Сатаркулов К.А. Проектирование системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий распределительных электрических сетей 6-35 кВ. Настоящий сборник.
2. Асанова С.М. Моделирующие возможности вычислительных сетей Петри и их использование в решении задач электроэнергетики. – Проблемы управления и автоматики: докл. II межд. конф. Кн. 2. НАН КР – Бишкек: ИАИТ, 2007. – С. 223–227.

УДК.:681.518.5.001.63:621.315.1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБРЫВА ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ

Асанова С.М., Асанов М.С., Сатаркулов К.
КГТУ им. И.Раззакова
E-mail: a_sm07@mail.ru

В данной работе предлагается способ проектирования системы дистанционной диагностики обрыва провода воздушных линий в сложных распределительных электрических сетях среднего напряжения с использованием многофункционального провода.

In the present work the author offers the projecting method of wire break distant diagnostics system of overhead transmission lines in complex distributional electrical networks of medium voltage with the use of multifunctional wire.

Введение. Как известно, воздушные линии, имеют достаточно большую протяженность и являются наименее надежными элементами энергосистемы, так как в процессе эксплуатации активно подвергаются воздействию внешней среды, причем некоторые из них могут проходить по труднодоступным районам. В таких сетях, по статистике, годовое количество повреждений исчисляются сотнями, а в питающихся от них абонентских сетях – тысячами. В случае обрыва провода определение места повреждения и, соответственно, процесс его устранения иногда затягивается на много дней и требует значительных трудозатрат. Главным требованием при этом является скорейшее восстановление питания отключившихся токоприемников при минимизации затрат труда, времени и средств на осуществление поиска.

Анализ информации показал, что на сегодняшнее время проблема оперативной диагностики состояния провода воздушных линий до конца не решена [1-2]. Традиционно, обнаружение места повреждения в таких линиях выполняется топографическим способом, путем обхода трассы, с использованием переносных приборов, и визуального осмотра. Поэтому весьма важным является разработка способов именно дистанционной и оперативной диагностики обрыва провода воздушных линий.

Постановка задачи. В предлагаемом способе предполагается, что электрическая сеть выполнена с использованием многофункционального провода (МП), где одна из токопроводящих жил изолирована от остальных [3], как показано на рис.1.

Распределительная электрическая сеть, образованная путем соединения силовых составляющих МП участков сети, и электрическая цепь, образованная на основе информационных составляющих МП, образуют распределительную электрическую систему. Исходной информацией для проектирования системы диагностики, распознающей обрывы проводов на участках ВЛ, является структура РЭС. Предполагается, что анализируемая РЭС состоит из множества *n*-проводных участков, соединенных соответствующими узлами, и имеет разомкнутую структуру. Состояние каждого участка сети (i_1, i_2), соединяющего узлы i_1 и i_2, характеризуется переменной $x_{i_1,i_2} \in \{0, I_{i_1,i_2}\}$, где $x_{i_1,i_2} = 0$ – обрыв; $x_{i_1,i_2} = I_{i_1,i_2}$ – нет обрыва; I_{i_1,i_2} - ток участка сети. Задачей проектирования является разработка таких схем соединения информационных проводов участков сети и соединения

информационных проводов в узлах питания к источнику постоянного напряжения U_0, при которых значение тока I_0 однозначно отражало бы обрыв провода на соответствующем участке.

Схема решения задачи проектирования включает следующие этапы:

1) путем задания соответствующих схем соединения информационных проводов участков сети, строится схема электрической цепи постоянного тока, структура которой позволила бы организовать распределение токов по информационным проводам участков, различных по значениям, на величины не меньшие, чем ΔI;

2) производится расчет желаемого распределения токов по информационным проводам участков цепи постоянного тока, полученного на первом этапе;

3) производится расчет параметров цепи для получения желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети;

4) моделирование электрической цепи постоянного тока с учетом обрывов участков сети, с целью получения таблицы соответствия значений тока узла питания I_0 и обрывов проводов на участках данной сети.

Описание данного способа сопровождается примером РЭС, схема которой представлена в виде ориентированного графа, показанного на рис. 2.

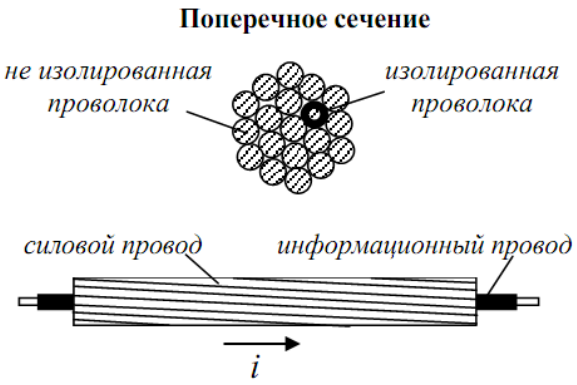


Рис. 1. Токопроводящая жила многофункционального провода

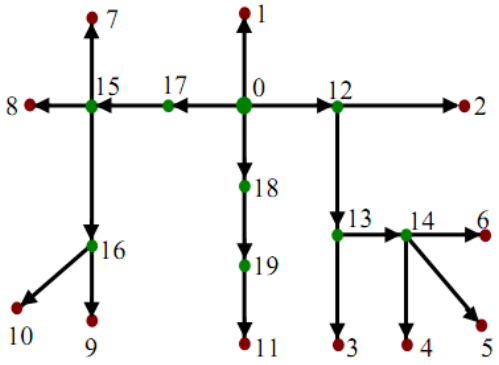


Рис. 2. Граф распределительной сети

1-ый этап проектирования. Шаг 1. Каждая ветвь схемы распределительной сети разбивается на один или несколько последовательно соединенных участков. Концы информационных проводов в узлах сети выводятся наружу из силовых проводов. Полученная, в результате такого разбиения, схема сети представляется в виде ориентированного графа (L, Γ), где L - множество узлов сети (вершин графа); Γ - отображение множества L в L, показывающее, как между собой связаны узлы (вершины) из множества L, т.е.

$$\Gamma : \mathrm{L} \to \mathrm{L}, \quad \Gamma(i) \subseteq \mathrm{L}, \ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0, \ \Gamma(i) = \varnothing, \ \forall i \in \mathrm{L}_0, \tag{1}$$

$$\Gamma \subseteq \mathrm{L} \times \mathrm{L}, \quad \Gamma_i = \{i\} \times \Gamma(i), \ \forall i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0, \ \Gamma_i = \varnothing, \ \forall i \in \mathrm{L}_0, \tag{2}$$

$$\Gamma = \bigcup_{i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0} \Gamma_i, \tag{3}$$

где $\Gamma(i)$ - множество конечных вершин дуг (ориентированных ветвей), у которых начальной вершиной является $i \in \mathrm{L}$; Γ_i - множество дуг (i, j), у которых начальной вершиной является i; $\mathrm{L}_0 \subset \mathrm{L}$ - мно-

жество конечных вершин графа сети (L, Γ).

Шаг 2. Для получения структуры электрической цепи постоянного тока, позволяющей организовать распределение различных по значениям токов по информационным проводам, в конечных узлах $i_2 \in \mathrm{L} \setminus \{0\}$ ориентированных участков $(i_1, i_2) \in \Gamma$ сети устанавливаются настраиваемые сопротивления $R_{i_2}, i_2 \in \mathrm{L} \setminus \{0\}$ между фазами $a = 1$ и $a = 2$ информационных проводов, а узел питания 0 присоединяется через миллиамперметр к источнику постоянного напряжения U_0.

Шаг 3. Производится расчет внутренних сопротивлений R_{i_1,i_2} информационных проводов всех участков сети.

2-й этап проектирования. На данном этапе, при расчете желаемого распределения токов по информационным проводам участков, исходный граф РЭС (рис.2) и соответствующая ей эквивалентная электрическая схема соединения информационных проводов распределительной системы (см. шаг 3) представляются как многоуровневые иерархические схемы (рис.3 и 4), которые эквивалентны по структуре соединения вершин к исходному графу (рис. 2).

Шаг 4. Производится расчет желаемого распределения токов, протекающих по информационным проводам множества конечных участков $\{(i_1, i_2) \in \Gamma \mid i_2 \in \mathrm{L}_0\}$ сети и различающихся по значениям не менее, чем на ΔI. Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а) $s = 0; k = 1; I(k) = 0; \mathrm{L}(k) = \mathrm{L}_0$ - заданное множество конечных вершин (узлов) графа сети, являющееся множеством вершин $s = 0$-го уровня многоуровневой иерархической схемы (рис.3 и 4); $\{l(i) \mid i \in \mathrm{L}_0\}$ - заданное множество, где $l(i)$ является длиной пути от узла питания (вершины 0) до конечной вершины $i \in \mathrm{L}_0$.

б) выбрать такую вершину i_2 из $\mathrm{L}(k)$, которой соответствует максимальная длина пути $l(i_2)$ от узла питания (вершины 0).

в) удалить i_2 из множества $\mathrm{L}(k)$: $\mathrm{L}(k+1) = \mathrm{L}(k) \setminus \{i_2\}$.

г) вычислить значение тока I_{i_1,i_2} участка $(i_1, i_2) \in \Gamma$, где $i_1 = \Gamma^{-1}(i_2)$ - обратное отображение:

$$I_{i_1,i_2} = I_{i_2} = I(k) + \Delta I;\ I(k+1) = I_{i_1,i_2};\ K_{i_2} = 1,\ \text{т.к. } I_{i_2} > 0, \qquad (4)$$

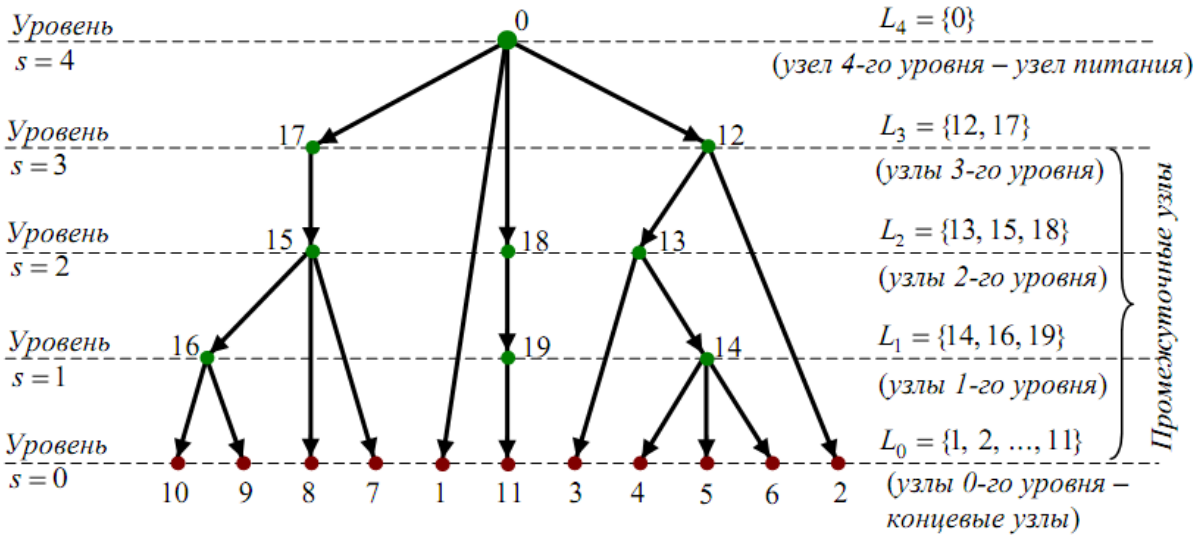


Рис. 3. Многоуровневая иерархическая схема графа РЭС

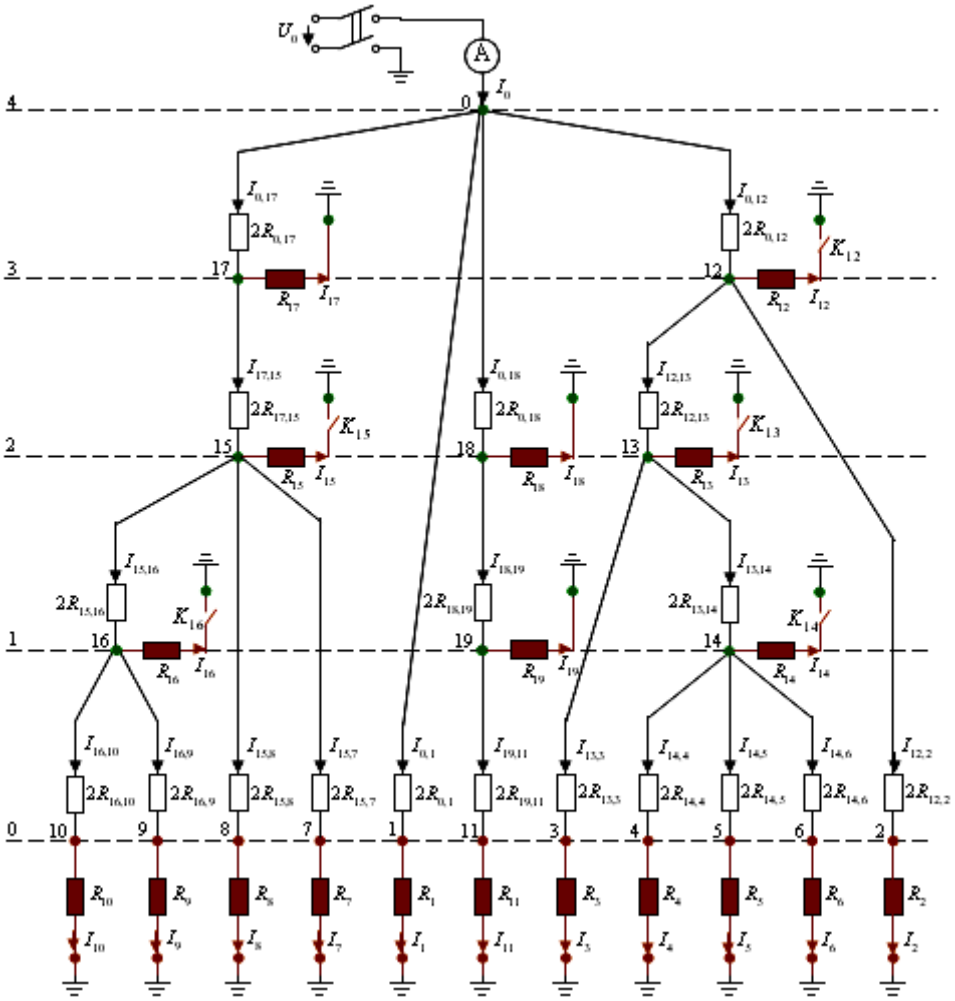


Рис. 4. Эквивалентная схема соединения информационных проводов распределительной системы

здесь $I_{i_1,i_2} = I_{i_2}$, поскольку конечные участки (i_1, i_2) и настраиваемые сопротивления R_{i_2} соединены последовательно.

д) если $\mathrm{L}(k+1) = \varnothing$ (или $k = |\mathrm{L}_0|$), то перейти к пункту (е) данного шага, иначе $k = k+1$, и перейти к пункту (б) данного шага.

е) формировать множество вершин (узлов) L_1 *1*-го уровня многоуровневой иерархической схемы (рис.3 и 4):

$$\mathrm{L}_1 = \{i \in \mathrm{L} \setminus \mathrm{L}_0 \,|\, \Gamma(i) \subseteq \mathrm{L}_0\}. \qquad (5)$$

ж) вычислить значения токов I'_{i_1}, $i_1 \in \mathrm{L}_1$:

$$I'_{i_1} = \sum_{i_2 \in \Gamma(i_1)} I_{i_1,i_2}, \forall i_1 \in \mathrm{L}_1 \qquad (6)$$

и формировать множество $\{I'_i \,|\, i \in \mathrm{L}_1\}$. Здесь: $I(k)$ - искусственная переменная для хранения тока I_{i_1,i_2} (см.(5)) текущей ветви (i_1, i_2), вычисленного по формуле (4) на текущем такте k (при $k=1$, $I(1)=0$); I'_{i_1} - суммарный ток, вытекающий из узла i_1; процедура (б) совместно с (в) производит упорядоченный отбор i_2 из множества L_0 в порядке убывания $l(i_2)$; $\Gamma(i)$ - отображение (см. (1)-(3)).

Шаг 5. На основе полученных на шаге 4 множества узлов (вершин) L_1 (5) $s=1$-го уровня многоуровневой иерархической схемы и соответствующих этим

узлам токов I'_i, $i \in \mathrm{L}_1$ (6), производится расчет желаемого распределения токов, протекающих по информационным проводам множества промежуточных участков $\{(i_1, i_2) \in \Gamma \mid i_2 \notin \mathrm{L}_0\}$ сети и различающихся по значениям не менее, чем на ΔI. Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а) $s = 1;\ k = |\mathrm{L}_0| + 1;\ I(k) = I_{i_1, i_2}$ - ток, вычисленный на шаге 4 по формулам (4), (2) на последнем такте $k = |\mathrm{L}_0|;\ \mathrm{L}(k) = \mathrm{L}_1$ - множество узлов (вершин) $s = 1$-го уровня, сформированное на шаге 4 по формуле (5) при $k = |\mathrm{L}_0|;\ \{I'_i \mid i \in \mathrm{L}_1\}$ - множество токов, вычисленных на шаге 4 по формуле (6).

б) выбрать такую вершину i_2 из $\mathrm{L}(k)$, которой соответствует минимальный ток I'_{i_2} из $\{I'_i \mid i \in \mathrm{L}(k)\}$, т.е. $i_2 \in \mathrm{L}(k) : [I'_{i_2} = \min\{I'_i \mid i \in \mathrm{L}(k)\}]$.

в) удалить i_2 из множества $\mathrm{L}(k)$: $\mathrm{L}(k+1) = \mathrm{L}(k) \setminus \{i_2\}$.

г) вычислить значение тока I_{i_1, i_2} участка $(i_1, i_2) \in \Gamma$, где $i_1 = \Gamma^{-1}(i_2)$ - обратное отображение: $I_{i_1, i_2} = \begin{cases} I(k) + \Delta I, & при\ I'_{i_2} \le I(k), \\ I'_{i_2}, & при\ I'_{i_2} > I(k), \end{cases}$ $I(k+1) = I_{i_1, i_2}$.

д) вычислить значение тока I_{i_2}, протекающего через настраиваемое сопротивление R_{i_2}, используя первый закон Кирхгофа, и определить состояние условного ключа K_{i_2} (рис. 3 и 4): $I_{i_2} = I_{i_1, i_2} - I'_{i_2}$, $K_{i_2} = \begin{cases} 0, & при\ I_{i_2} = 0, \\ 1, & при\ I_{i_2} > 0. \end{cases}$

е) если $\mathrm{L}(k+1) = \varnothing$ (или $k = \sum_{j=0}^{s} |\mathrm{L}_j|$), то перейти к пункту (ж) данного шага, иначе $k = k + 1$, и перейти к пункту (б) данного шага.

ж) формировать множество вершин (узлов) L_{s+1} $(s+1)$-го уровня:

$$\mathrm{L}_{s+1} = \{i \in (\mathrm{L} \setminus (\bigcup_{j=0}^{s} \mathrm{L}_j) \mid \Gamma(i) \subseteq \bigcup_{j=0}^{s} \mathrm{L}_j\}.$$

з) вычислить значения токов I'_{i_1}, $i_1 \in \mathrm{L}_{s+1}$

$$I'_{i_1} = \sum_{i_2 \in \Gamma(i_1)} I_{i_1, i_2}, \quad \forall i_1 \in \mathrm{L}_{s+1}; \qquad (7)$$

и формировать множество $\{I'_i \mid i \in \mathrm{L}_{s+1}\}$.

и) если $\mathrm{L}_{s+1} = \{0\}$, то перейти к шагу 6, иначе $\mathrm{L}(k+1) = \mathrm{L}_{s+1}$, $s = s+1$, $k = k+1$, и перейти к пункту (б) данного шага.

3-й этап проектирования. На данном этапе, при расчете настраиваемых сопротивлений для получения желаемого распределения токов по информационным проводам сети, исходный граф РЭС (рис. 2) и соответствующая ей эквивалентная схема соединения информационных проводов распределительной системы (см. шаг 3) представляются как многоуровневые иерархические схемы, которые эквивалентны по структуре соединения вершин из L к исходному графу.

Шаг 6. Производится расчет настраиваемых сопротивлений $\{R_i \mid i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}\}$ для реализации желаемого распределения токов по информационным проводам участков сети, рассчитанных на предыдущих шагах 4 и 5. Сущность алгоритма расчета включает следующие процедуры:

а) $s = 0,\ k = 1,\ \mathrm{L}(k) = \mathrm{L}'_0 = \{0\};\ \mathrm{L}'(k) = \varnothing;\ \{I_{i_1, i_2} \mid (i_1, i_2) \in \Gamma\}$ - токи информационных проводов участков, $\{I_i \mid i \in \mathrm{L} \setminus \{0\}\}$ - токи настраиваемых сопротивлений, $\{K_i \mid i \in L \setminus \{0\}\}$ -

состояние условных ключей, рассчитанное на предыдущих шагах 4 и 5; U_0 - постоянное напряжение узла 0 (узла питания).

б) выбрать любую вершину i_1 из $\mathrm{L}(k)$.

в) удалить i_1 из множества $\mathrm{L}(k)$: $\mathrm{L}(k+1)=\mathrm{L}(k)\setminus\{i_1\}$.

г) вычислить значения напряжений U_{i_2}, $\forall i_2\in\Gamma(i_1)$ и значения настраиваемых сопротивлений R_{i_2} для всех таких узлов $i_2\in\Gamma(i_1)$, для которых $K_{i_2}=1$, т.е.:

$$U_{i_2}=U_{i_1}-2\cdot R_{i_1,i_2}\cdot I_{i_1,i_2},\quad \forall i_2\in\Gamma(i_1),\quad R_{i_2}=\frac{U_{i_2}}{I_{i_2}},\quad \forall i_2\in\Gamma(i_1):[K_{i_2}=1].$$

д) формирование множества вершин (узлов) $\Gamma(\mathrm{L}'_s)$, соответствующего $(s+1)$-му уровню: $\mathrm{L}'(k+1)=\mathrm{L}'(k)\bigcup\Gamma(i_1)$.

е) если $\mathrm{L}(k+1)=\varnothing$, то перейти к пункту (ж) данного шага, иначе $k=k+1$, и перейти к пункту (б) данного шага.

ж) формировать множество вершин (узлов) L'_{s+1} $(s+1)$-го уровня: $\mathrm{L}'_{s+1}=\Gamma(\mathrm{L}'_s)\setminus\mathrm{L}_0$, где $\Gamma(\mathrm{L}'_s)=\mathrm{L}'(k+1)$, при $\mathrm{L}(k+1)=\varnothing$ (см. (д), (е)).

з) если $\mathrm{L}'_{s+1}=\varnothing$, то перейти к шагу 7, иначе $\mathrm{L}(k+1)=\mathrm{L}'_{s+1}$, $\mathrm{L}'(k+1)=\varnothing$, $s=s+1$, $k=k+1$, и перейти к пункту (б).

4-й этап проектирования. Шаг 7. Производится моделирование электрической цепи постоянного тока, полученной на шаге 6 (рис. 4), с целью получения таблицы соответствия значений тока узла питания $I_0=I'_0$ (7) и обрывов проводов участков сети. Для этого эквивалентная электрическая схема соединения информационных проводов распределительной системы, полученная на шаге 6, преобразуется к виду, где каждому участку $(i_1, i_2)\in\Gamma$ сопоставляется ключ $K_{i_1,i_2}\in\{0,1\}$, моделирующий состояние $x_{i_1,i_2}\in\{0,\ I_{i_1,i_2}\}$ рассматриваемого участка. При $K_{i_1,i_2}=0$, $x_{i_1,i_2}=0$ - обрыв участка (i_1, i_2), а при $K_{i_1,i_2}=1$, $x_{i_1,i_2}=I_{i_1,i_2}$ - нет обрыва на участке (i_1, i_2).

Результаты экспериментального моделирования в программе Electronics Workbench при обрыве провода на участках РЭС приведены в таблице (обрыв провода имитируется с помощью коммутационных аппаратов), из которой видно, что при значении суммарного тока 930 мА – обрыва в сети нет, при значении тока 734 мА – обрыв на участке (17,15), и т.д.

Таблица - Соответствие значений тока I_0 и обрыва провода на участках сети

	Обрыв на участке (i_1, i_2)									
	Обрыва нет	(16,10)	(16, 9)	(15, 8)	(15, 7)	(14, 4)	(14, 5)	(14, 6)	(13, 3)	(19,11)
I_0, mA	930	922	913	903	894	886	876	867	857	844
	Обрыв на участке (i_1, i_2)									
	(12, 2)	(0, 1)	(15,16)	(18,19)	(13,14)	(0, 18)	(17,15)	(12,13)	(0, 17)	(0, 12)
I_0, mA	835	822	815	803	758	742	734	675	662	572

Заключение. Таким образом, разработан действенный способ диагностики обрыва провода воздушных линий, использование которого позволит обслужи-

вающему персоналу, находясь на подстанции, оперативно и дистанционно обнаруживать поврежденный участок, с тем, чтобы ремонтная бригада была направлена точно к месту повреждения.

Литература

1. Минулин Р.Г., Петрушенко Ю.Я., Фардиев И.Ш. Локационная диагностика линии электропередач. – IX Симпозиум «Электротехника 2030», Российская Федерация. 2007 г. – С. 33-38.
2. Сарин Л.И., Шалин А.И., Ильиных М.В. и др. Определение места замыкания на землю на воздушных линиях 6 – 35 кВ. – Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование сетей 6 – 35 кВ: тр. IV всероссийской НТК. – Новосибирск, 2006. С. 189–196.
3. Сатаркулов К.А., Асанова С.М. и др. Токопроводящая жила проводов и кабелей. – Патент KG № 1187. 2009 г.

УДК 621.314

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С АКТИВНО-ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКОЙ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Касмамбетов Х. Т.
КГТУ им. И. Раззакова
E-mail:kusein@mail.ru

Рассматривается методика о предварительном допущении бесконечно большого значения емкости фильтра для определения аналитических зависимостей выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой

The technique about a preliminary assumption of infinitely great value of capacity of the filter for determination of analytical dependences of output characteristics of rectifiers with resistive-capacitive loading is considered

В электротехнических устройствах широко применяются выпрямители с емкостным сглаживающим фильтром на выходе, особенно в высоковольтных источниках питания, в которых затруднительно использование индуктивных элементов, так как это связано с преодолением сложных проблем создания надежных конструкций с высоковольтной изоляцией. Сравнительно малые массогабаритные показатели выпрямителей с емкостными фильтрами обеспечили им большое распространение для питания нагрузок малой и средней мощности [1—5].

Определение точных выходных характеристик выпрямителей данного типа связано с большими трудностями аналитического плана. Для нахождения реакций в нелинейной электрической цепи приходится решать трансцендентные уравнения периодов, в которых искомые функции не выражаются в явном виде, а могут быть найдены лишь с помощью приближенных вычислений.

Нам известна методика проектирования выпрямителей [1, 2, 7] с учетом достаточно полной эквивалентной схемы замещения, включая резистивные и индуктивные потери в фазах питания. Методика основана на предварительном допущении о бесконечно большом значении емкости фильтра, что позволяет несколько упростить определение

выходных характеристик и обеспечить приемлемую для практики точность расчета. Основной инструмент расчета — графические зависимости, построенные с помощью программы Electronic-Workbench и связывающие характеристики выпрямителя с безразмерными коэффициентами соотношений параметров схем.

Целесообразно попытаться вывести приближенные аналитические функции, которые в явном виде давали бы связь параметров схемы выпрямителя с выходными характеристиками и вместе с тем были бы достаточно простыми и точными для инженерной практики. Обоснованием такой возможности являются гладкость и монотонность исходных графических зависимостей [1, 2, 6], которые могут быть аппроксимированы аналитическими выражениями.

Рассмотрим работу *p*-пульсационного выпрямителя в режиме прерывистого тока, для которого можно представить эквивалентную расчетную схему *(рис. 1)*, справедливую для состояния проводимости вентилей, и временные диаграммы *(рис. 2)*, где $u_{вх}$—$U_m cos(\omega t$—$\Theta)$ —входное переменное напряжение;

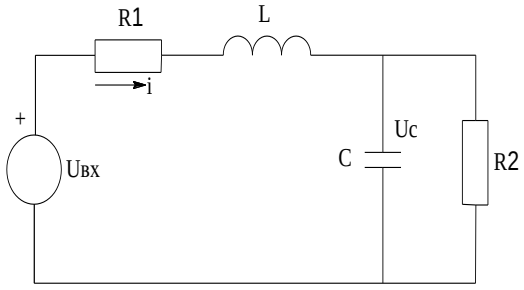


Рис. 1 Расчетная схема RLC

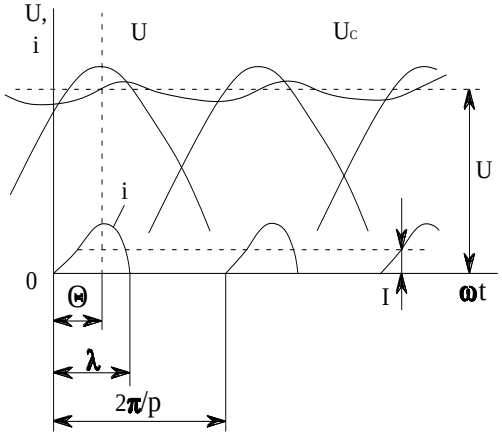


Рис. 2 Состояние проводимости вентилей

R_1 — активное сопротивление фазы питания;

L— индуктивность фазы питания;

C — емкость фильтра;

R_2 — сопротивление нагрузки выпрямителя;

i— ток в фазе питания;

u_c— напряжение на фильтровой емкости (выходное напряжение).

Условием существования режима прерывистого тока является наличие бестоковойпаузы, которой происходит свободный разряд фильтра на нагрузку (длительность проводимости вентилей - $\lambda \leq 2\pi/\rho$). Полагая, что емкостный фильтр обеспечивает малые пульсации, можно заменить нагрузку эквивалентным источником постоянного напряжения $U=IR_2$и вывести выражение для нагрузочной (внешней) характеристики выпрямителя, заданной параметрически от углов отсечки Θ и проводимости вентилей λ:

$$U = U_m \cos\Theta;$$

$$I = \frac{\rho U_m \cos\Theta}{2\pi R_1} \frac{\varphi + \tan\Theta}{1+\varphi^2} \varphi^2 \quad 1 - e^{-\lambda\varphi} \quad + 1 \quad —$$

$$- \frac{1}{\sqrt{1+\varphi^2}} \sin\ \lambda - \arctan\varphi \quad + \tan\Theta \cos\ \lambda - arc\tan\varphi \quad - \lambda \qquad (1)$$

где$\varphi = \omega L \quad R_1$

Параметрические углы Θ и λ связаны с уравнением

$$\tan\Theta = \frac{1 - e^{-\lambda\,\varphi}\quad \overline{1+\varphi^2} + e^{-\lambda\,\varphi}\quad \overline{1+\varphi^2} + \cos\ \lambda - arc\,tan\,\varphi}{\varphi e^{-\lambda\,\varphi}\quad \overline{1+\varphi^2} - sin\ \lambda - arc\,tan\,\varphi} \qquad (2)$$

Выражения (1), (2) громоздки, но дают возможность построить семейство нагрузочных характеристик при различных параметрах схемы выпрямителя.

Выведем аналитические зависимости нагрузочных характеристик в явном виде$U = f\ I$. Для этого оценим предельные соотношения углов Θ и λ раздельно при однотипных потерях в фазе питания: активных *(L=0; φ = 0)*, реактивных *(R_1= 0; φ = ∞)*. Для случая чисто активных потерь, который чаще встречается в маломощных источниках питания и исследован в [3,4], справедливы соотношения:

$$\Theta_R \cong \sqrt[3]{3\pi R_1\ \rho R_2}\,;\ \lambda_R \cong 2\Theta_R \quad 3$$

Для второго предельного случая углы находятся из (1), (2) вычислением соответствующих пределов:

$$\Theta_L \cong \sqrt[4]{3\pi\omega L\ \rho R_2}\,;\ \lambda_L \cong 3\Theta_L \qquad (4)$$

Введем следующую предварительную оценку углов Θ, λ, охватывающую общий случай активно-индуктивных потерь в фазе питания и справедливую для предельных значений:

$$\Theta \cong \overline{\Theta_R^2 + \Theta_L^2} \qquad (5)$$

$$\lambda \cong 2\Theta\ 1 + (arc\,tan\,\varphi)/\pi \qquad (6)$$

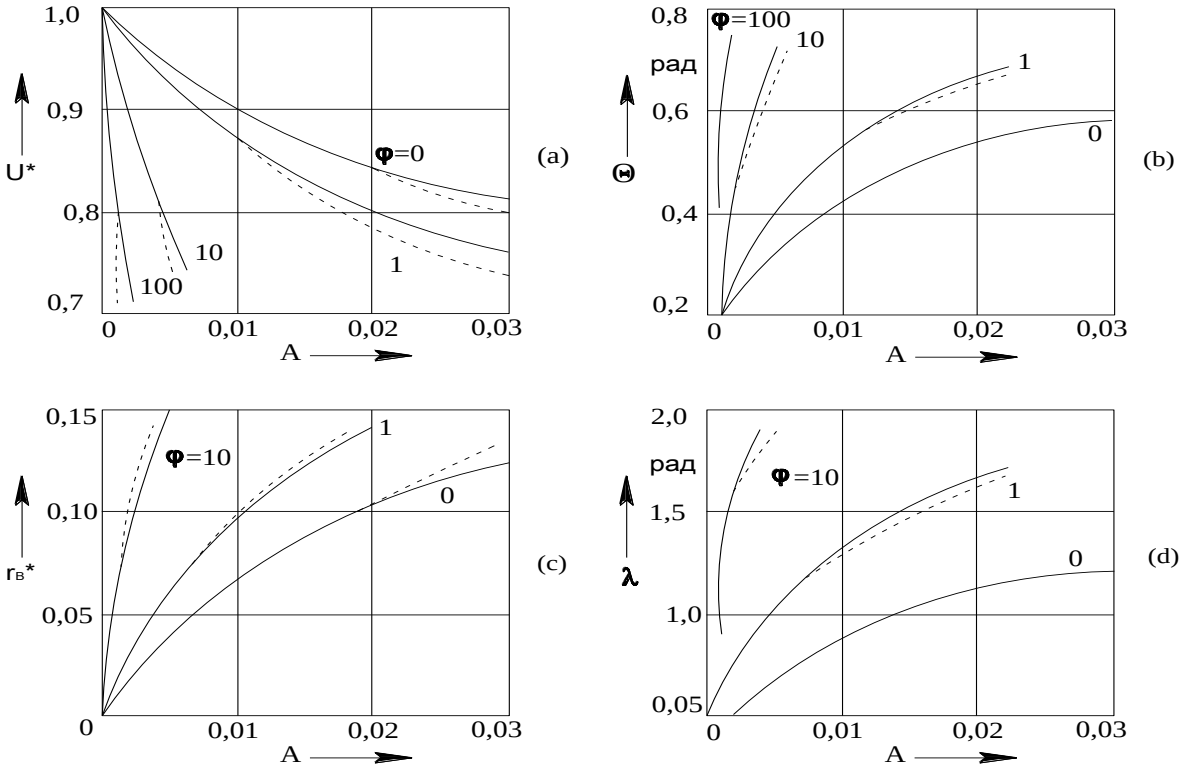


Рис.3a, b, c, d Графики нагрузочных характеристик и зависимости углов Θ,λ (пунктиром даны точные решения исходных уравнений).

Погрешность выражения Θ из (5) по сравнению с точным решением (1), (2) не превышает 10 % во всем диапазоне φ =0÷ ∞при $U \geq 0{,}8U_m$. Точность определения λ прямо зависит от точности оценки Θ. (Для точных значений Θ формула (6) дает погрешность аппроксимации λ по (2) меньше 5 %)

Наклон нагрузочных характеристик выпрямителя находится из

динамического выходного сопротивления по постоянному току [3]

$$r_B = — dU\ dI = — (dU\ dR_2)\ (dI\ dR_2) \qquad (7)$$

Если вычислить соответствующие производные из (1) и (5) и подставить в (7), получим

$$r_B \cong R_2\Theta^2\ \ 3 \qquad (8)$$

или с учетом очевидного соотношения

$$U^* = U\ \ U_m = cos\Theta \cong 1 - 0{,}5\ \Theta^2 \qquad (9)$$

имеем в другой форме записи

$$r_B \cong 2R_2(1 - U^*)\ \ 3 \qquad (10)$$

Выражение (10) с учетом (7) представляет собой дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными *U, I,* которое после интегрирования дает возможность получить искомые обобщенные нагрузочные характеристики выпрямителя в явном виде

$$U^* = 1/(1 + (I^*)^{2/3}). \qquad (11),$$

где U^*-относительное значение выходного напряжения выпрямителя (по отношению к холостому ходу); I^*-то же выходного тока выпрямителя (по отношению к базисному току).

Для определенности необходимо выразить переменную I^*через параметры схемы замещения выпрямителя. Нужно конкретизировать точки аппроксимации нагрузочных характеристик с тем, чтобы семейство кривых, которое описывается единым выражением (11), имело малую погрешность для важного на практике условия $U^* \geq 0{,}8$. На основании (5), с учетом (3), (4), (9), можно записать уравнение для определения базисных величин $arccosU^*\ 2 = \ 3\pi A\ ^{2\ 3} + 2\pi\varphi A\ ^{1\ 2},\ \ 12$

где $A = R_1\ \ pR_2$- безразмерный коэффициент.

Полагая U^*= 0,8, найдем базисные значения -$I_б^*$из (11), $A_б$ из (12):

$$I_б^* = 0{,}125\ ; A_б = (arccos\ 0{,}8)^2\ \ (a + b\varphi), \qquad (13)$$

где *a = 5*; *b = 4* - коэффициенты, соответствующие предельным значениям параметров фазы питания *(φ=0;φ=∞)*. Окончательное выражение для переменной $I^* = I_б^* A\ \ A_б$ после подстановки будет

$$I^* = A\ \ 5 + 4\varphi\ \ \ 1{,}28. \qquad (14)$$

Подставив (14) в (11) , имеем искомое семейство нагрузочных характеристик для любых соотношений параметров схемы выпрямителя в аналитической форме. Погрешность выведенных зависимостей не превышает 5% по сравнению с точным решением системы уравнений (1), (2) в диапазоне *0,6<U*<1,0 (рис.3а)*

С учетом (9)-(11) удобно выразить через переменную I^* угол отсечки Θ и относительно выходное сопративление выпрямителя $r_в^*$:

$$\Theta = \ \ 2\ \ (1 + (I^*)^{-2\ 3}) \qquad (15)$$

$$r_в^* = r_B\ \ R_2 = 2\ \ 3(1 + (I^*)^{-2\ 3}) \qquad (16)$$

На *рис.3 b,c,d* построены зависимости угла отсечкиΘ, угла проводимости вентилей λ и относительного выходного сопротивления $r_в^*$. Необходимо отметить хорошее совпадение выведенных аналитических зависимостей: погрешность меньше 1% при $U^* \geq 0{,}6$.

Таким образом, в аналитической форме найденных зависимостей выходных характеристик выпрямителей с активно-емкостной нагрузкой, которые достаточно просты и точны для практического использования . Формулы (11),(14),(16) позволяют проектировать выпрямители, исходя из заданных выходных характеристик, определяя оптимальные соотношение параметров схемы замещения, что дает возможность формулировать требования к элементам фазы питания –индуктивности рассеяния питающего трансформатора, суммарному активному сопротивлению обмоток трансформатора и вентилей схемы.

Литература

1. Мазель К. Б. Теория и расчет выпрямителя, раб. на емкость, с учетом индуктивности рассеяния тр.- М.-Л.: Госэнергоиздат, 1957.

2. Макаров В. Л., Петров В. А., Попов С. Г. Стабилизированные выпрямители с емкостным фильтром.-Л.: Энергия, 1975.
3. Артамонов В. В. Маломощные выпрямители (основы теории и расчет). - М.:Связь, 1970.
4. Криштафович А. К., Трифонюк В. В., Основы промышленной электроники. Москва, «Высшая школа», 1979.
5. Чиженко И. М. Основы преобразовательной техники. М., 1974.
6. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. Физматгиз, 1962.

УДК 621.316.925

СНИЖЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ

Тентиев Р.Б.
КГТУ им.И.Раззакова

Рассматриваются возможные пути увеличения контрольного тока с частотой 25 Гц от источника, выполненного на базе электромагнитного параметрического делителя частоты и используемого для защиты от замыканий на землю в электроустановках с компенсацией емкостного тока.

Possible ways of increase in control current with a frequency of 25 Hz from a source executed on the basis of an electromagnetic parametrical divider of frequency and used for protection against short circuits on the earth in electro installations with compensation of capacitor current are considered.

В данной работе рассматривается возможность усовершенствования источника контрольного тока с частотой 25 Гц, используемого для защиты от замыканий на землю в электрических сетях с компенсацией емкостного тока [1].

Основным элементом источника контрольного тока является электромагнитный параметрический делитель частоты. Выполнение источника контрольного тока приемлемых габаритов и стоимости стало возможным благодаря предложению, заключающемся в том, что конденсатор колебательного контура в известной схеме делителя частоты изменяется цепью из последовательно соединенных линейного дросселя и конденсатора (рис.1).

Параметры конденсатора и дросселя подбираются так, что на частоте 50 Гц имеет место резонанс напряжений, а на частоте 25 Гц результирующее емкостное сопротивление удовлетворяет условиям существования режима деления частоты.

В настоящее время имеется большой опыт изготовления и эксплуатации источников контрольного тока с частотой 25 Гц определенной конструкции и с определенным электромагнитным режимом.

Дроссель применяемый в настоящее время в составе источника контрольного тока, выполнен на трехстерженевом магнитопроводе броневой конструкции. В среднем стержне, на котором располагается обмотка, имеется немагнитный зазор. Эскиз мангитопровода дросселя приведен на рис. 2.

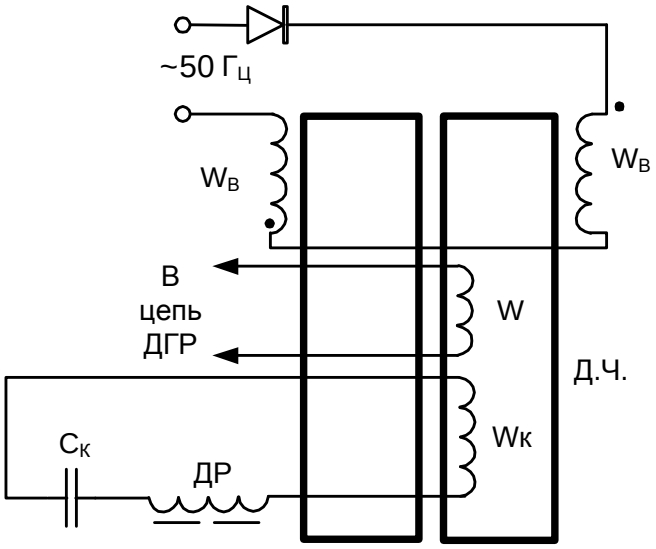


Рис. 1. Схема делителя частоты, в котором конденсатор колебательного контура заменен цепью дроссель – конденсатор.

Исходя из высоких требований к линейности вольтамперной характеристики дросселя, относительная длина немагнитного зазора принимается такой, что в пределах рабочего электромагнитного режима падением магнитного напряжения в стальной части магнитопровода можно пренебречь. Кроме этого, при используемой конструкции магнитопровода магнитное поле в зазоре можно считать плоскопараллельным и принимать площадь в зазоре, равной площади поперечного сечения среднего стержня магнитопровода.

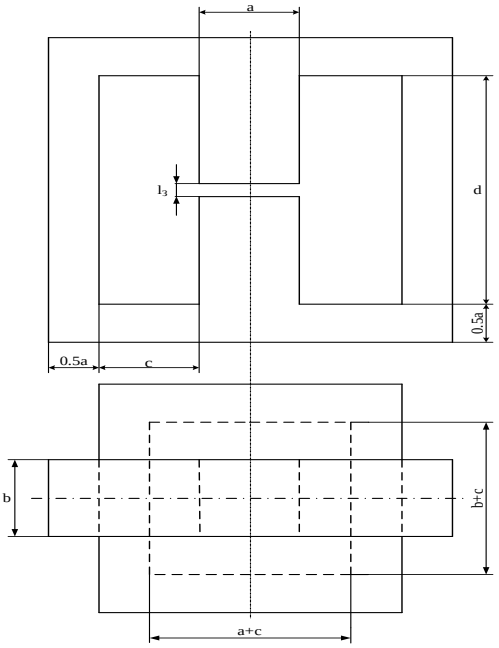


Рис. 2. Эскизный чертеж к исследованию влияния изменения геометрии магнитопровода дросселя на его активное сопротивление

При таких условиях индуктивность дросселя может определяться по формуле:

$$L_{ДР} = \mu_o \frac{S_{СТ.ДР} W_{ДР}^2}{l_{З.ДР}}, \qquad (1)$$

где μ_o - магнитная проницаемость вакуума,

$S_{СТ.ДР}$ - площадь поперечного сечения, среднего стержня магнитопровода дросселя,

$l_{З.ДР}$ - длина немагнитного зазора,

$W_{ДР}$ - число витков обмотки дросселя.

Активное сопротивление обмотки дросселя равно

$$R_{ДР} = \frac{W_{ДР} l_{ВДР} \rho}{S_{ПР.ДР}}, \qquad (2)$$

где $l_{ВДР}$ и $S_{ПР.ДР}$ - соответственно средняя длина витка обмотки дросселя и площадь поперечного сечения провода дросселя.

Площадь поперечного сечения провода обмотки дросселя из условия заполнения окна магнитопровода

$$S_{ПР.ДР} = \frac{S_{О.ДР} K_{З.ДР}}{W_{ДР}}, \qquad (3)$$

где $S_{О.ДР}$ - площадь окна магнитопровода дросселя,

$K_{З.ДР}$ - коэффициент заполнения окна медью.

Выражая число витков из (1) и используя (2), получим

$$R_{ДР} = \frac{L_{ДР} l_{З.ДР} l_{В.ДР} \rho}{\mu_O S_{СТ.ДР} S_{О.ДР} K_{З.ДР}}. \qquad (4)$$

Величины $L_{ДР}$, $l_{З.ДР}$, $K_{З.ДР}$, μ_O и ρ считаем неизменными. Поэтому далее будем рассматривать влияние на $R_{ДР}$ только изменения величин $S_{СТ.ДР}$, $S_{О.ДР}$ и $l_{В.ДР}$. Можно заранее предположить, что изменение геометрических размеров магнитопровода, при котором будет уменьшаться активное сопротивление дросселя, приведет к увеличению расхода стали и меди. Поэтому рассматриваемые варианты снижения сопротивления будем оценивать по степени увеличения расхода стали и меди.

По эскизу магнитопровода, приведенному на рис. 2, объем стали равен:

$$V_{СТ} = 2\ ав(d+a)\ + 2вса. \qquad (5)$$

Объем меди

$$V_M = W_{ДР} l_{В.ДР} S_{ПР.ДР}. \qquad (6)$$

Выразив $W_{ДР}$ из (3), получим

$$V_M = l_{В.ДР} S_{О.ДР} K_{З.ДР}. \qquad (7)$$

Далее выразим $S_{СТ.ДР}$, $S_{О.ДР}$ и $l_{В.ДР}$ через соотношение размеров магнитопровода:

$$\begin{aligned} S_{СТ.ДР} &= a \times в, \\ l_{В.ДР} &= 2(a + в + 2c), \\ S_{О.ДР} &= c \times d. \end{aligned} \qquad (8)$$

Будем оценивать только относительное изменение активного сопротивления дросселя, объема меди и стали, поэтому для размеров магнитопровода примем относительные единицы при $a = 1$. В исходной конструкции дросселя при этом $в_o = 1;\ c_o = 1{,}25;\ d_o = 3$.

С учетом (8)

$$R_{ДР} = \frac{L_{ДР} l_{З.ДР} \rho}{\mu_O K_{З.ДР}} \frac{2(1 + в + 2c)}{вcd},$$

$$V_{СТ} = 2\ в(d+1)\ + 2вс,$$

$$V_M = K_{З.ДР} 2(1 + в + 2c)cd.$$

Так как переменными в этих выражениях являются только размеры магнитопровода, то сравнению будут подлежать коэффициенты, характеризующие относительное изменение соответственно активного сопротивления дросселя, объема стали и меди

$$K_R = \frac{2(1 + в + 2c)}{(вcd) K_{Ro}}, \qquad (9)$$

$$K_{CT} = \frac{2\ в(d+1)\ + 2вс}{K_{CTo}}, \qquad (10)$$

$$K_M = \frac{2(1+в+2c)cd}{K_{Mo}}, \qquad (11)$$

где K_{Ro}, K_{CTo}, K_{Mo} - значение коэффициентов при исходных размерах магнитопровода дросселя.

Далее рассмотрим следующие варианты изменения размеров магнитопровода дросселя, при которых снижается его активное сопротивление.

Вариант 1. Увеличение площади поперечного сечения магнитопровода за счет увеличения набора стали – размера «$в$».

Вариант 2. Увеличение площади окна магнитопровода за счет увеличения размера «c».

Вариант 3. Увеличение площади окна магнитопровода за счет увеличения размера «d»

Вариант 4. Увеличение высоты магнитопровода «d» с одновременным уменьшением размера «c» из условия сохранения неизменной площади окна:

$$c = \frac{c_o d_o}{d}.$$

Таблица 1

№ варианта	K_R	K_{CT}	K_M
1	0,64	2	1,23
2	0,71	1,2	3,18
3	0,53	1,59	2
4	0,73	1,43	0,73

Графики изменения коэффициентов K_R, K_{CT} и K_M для всех четырех вариантов показаны на рис. 3 а, б, в, г, а в таблице 1 сопоставлены кратности их изменения при увеличении соответствующего размера магнитопровода в два раза по отношению к исходному.

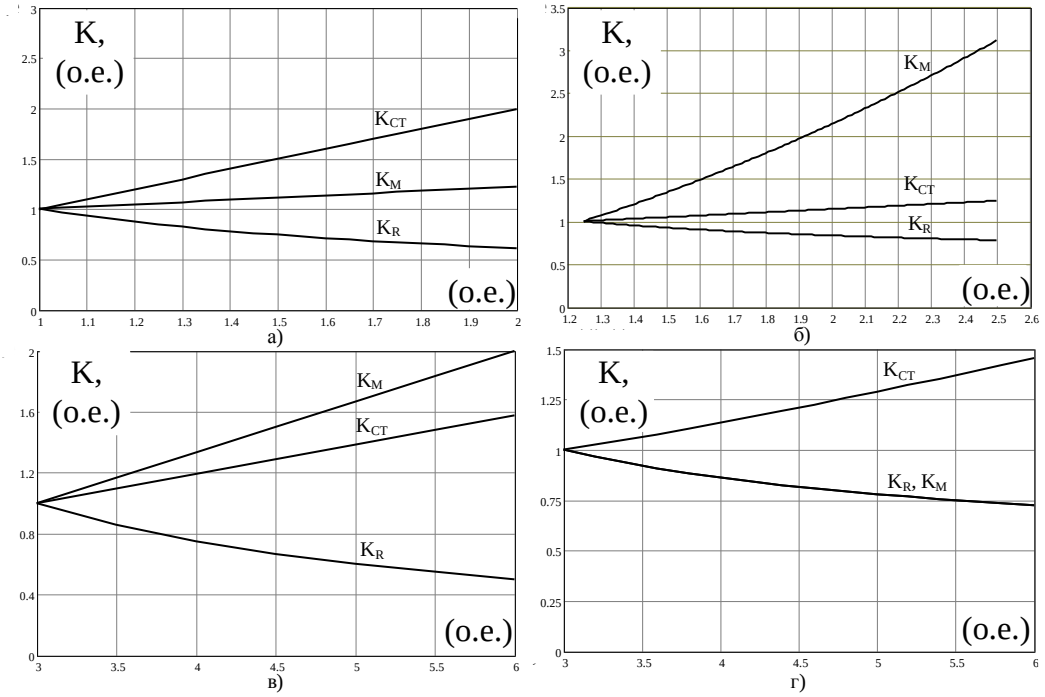


Рис. 3 Зависимость относительного изменения активного сопротивления дросселя, объема стали и объема меди при изменении размеров магнитопровода дросселя: а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3; г – вариант 4.

Из всех вариантов изменения геометрии магнитопровода дросселя приемлемым может быть признан лишь один вариант (г), так как при снижении активного сопротивления примерно на 30% объем стали увеличивается только в 1,43 раза, а объем меди даже снижается на 27 %.

Вывод. Для уменьшения активного сопротивления дросселя, как одной из мер для увеличения контрольного тока, может быть приемлемым увеличение высоты магнитопровода с сохранением неизменной площади окна, занимаемого обмоткой.

Литература

1. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Юдин С.М. Источник контрольного тока для обеспечения работы защиты от замыканий на землю и контроля настройки дугогасящих реакторов в электроустановках 6-35 кВ. Томск: 2003 65 с.
2. Патент РФ №2268524. Устройство для защиты от замыканий в сетях с компенсацией емкостного тока / Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова, Юдин С.М. Приор. 17.08.2004; Опубл. 20.01.2006, Бюл. №02.

УДК 621.313:32.965

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РЗА НА БАЗЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДИК КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6,10 КВ.

М.А. Суеркулов, К.Б. Такырбашев
КГТУ им.И.Раззакова

Непрерывный мониторинг состояния процессов, происходящих в КЛ, позволяет своевременно обнаружить начало разрушения изоляции кабеля и осуществлять динамическое управление нагрузкой и режимом работы кабельных линий. Рассмотрена современная интеллектуальная система диагностики КЛ.

Continuous monitoring of a condition of the processes happening in CL, allows to find in due time the beginning of destruction of isolation of a cable and to exercise dynamic control of loading and an operating mode of cable lines. The modern intellectual system of diagnostics of CL is considered.

Введение. Для диагностики и расчета уставок направленных защит необходимо исследовать виды небалансов.

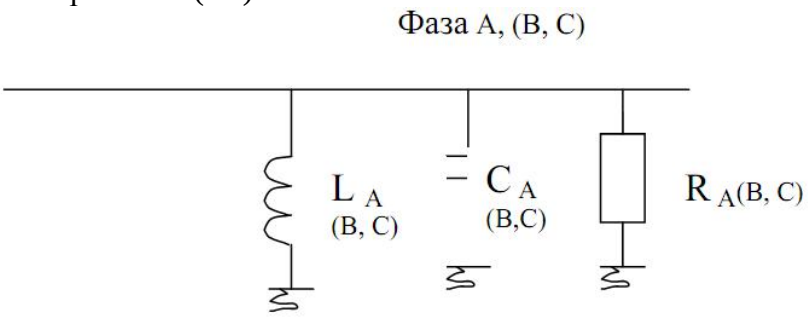
Под небалансом будем понимать рабочий сигнал тока нулевой последовательности.

В реальной сети всегда существуют небалансы параметрические, конструктивные, режимные, поэтому при диагностике сети, необходимо учитывать технологические небалансы. Они делятся:

1. Небалансы, связанные с различными процессами в сети:
- вызванные феррорезонансными явлениями;
- токов нулевой последовательности, вызванные
- несимметрией фазных сопротивлений сети в нормальном режиме.
- небаланс, связанный с несимметрией фазных ЭДС источника питания;
- вызванный несимметрией фазных нагрузок.
2. Небалансы, вызванные погрешностями измерительной аппаратуры:
- по току нулевой последовательности 3 $I_{0;}$

- угловыми погрешностями трансформаторов тока (ТТ).

Постановка задачи



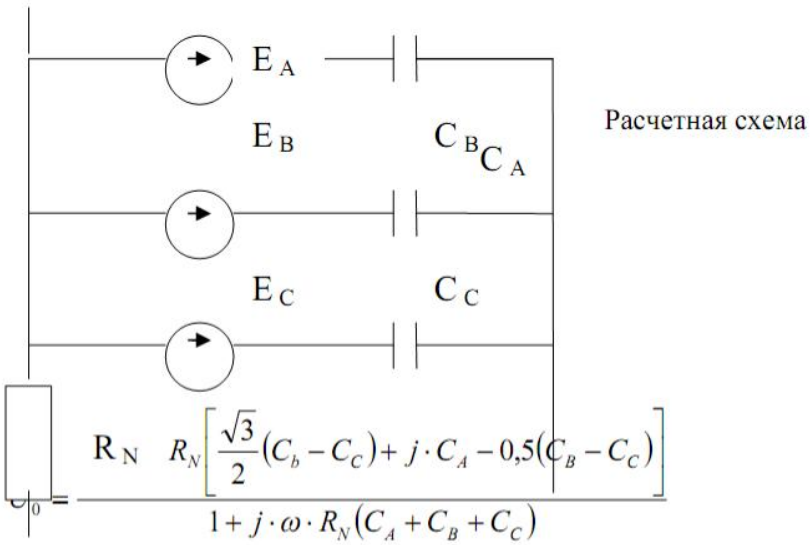
Сх. Модель системы

В любой системе имеются включенные между проводом и землей индуктивность, емкость, активное сопротивление изоляции. Индуктивность можно считать сосредоточением трансформаторных напряжений.

Причинами появления несимметрии может быть следующее:

- сгорание предохранителя в одной фазе трансформатора напряжения приводит к исчезновению напряжения.
- повреждение изоляции приводит к нарушению симметрии фазных емкостей.
- прикосновение веток и увлажнение изоляции кабелей, а также загрязнение изоляторов приводит к нарушению симметрии активных сопротивлений и к появлению утечки тока по изоляции.

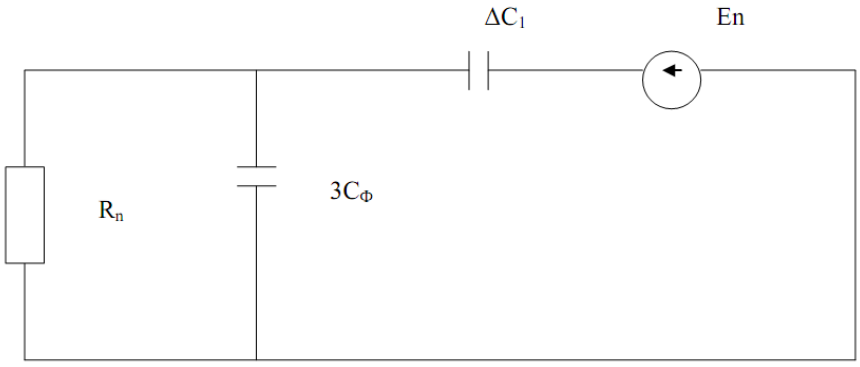
Построение алгоритмов диагностических методик кабельных сетей 6,10 кВ



$C_B = C_c = C_Ф$

$C_A = k\ C_ф$ допустим, изменяется емкость фазы А C_A k раз, тогда получим

$U_0 = \frac{j \cdot E_N \cdot \omega \cdot R_N \cdot C_Ф(k-1)}{1 + j \cdot \omega \cdot R_N(C_Ф \cdot (k+1))}$. Источником напряжения нулевой последовательности является ΔC_1, $\Delta C_1 = C_Ф\ (k - 1)$, где $k>1$ - в случае увеличения емкости фазы А.



Рассмотрим случай $0 \le k \le 1$ уменьшения емкости фазы А:

$$C_B = C_C = C_A \qquad C_A = k\, C_Ф$$

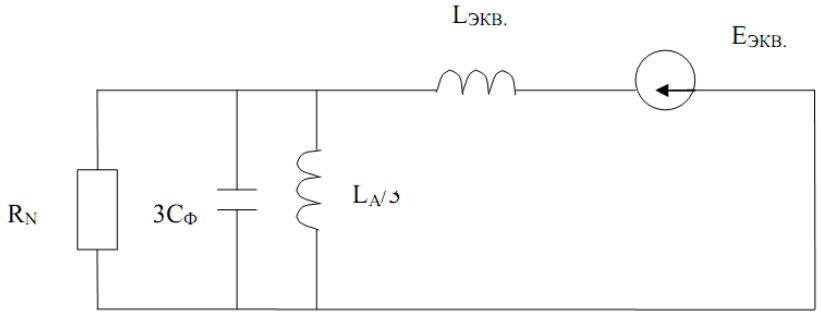
ЭДС фазы А уменьшена вдвое и направлена в противоположную сторону, по сравнению с предыдущей схемой, последовательно включена удвоенная емкость.

ΔC_2 $\Delta C_2 = C_Ф\,(1 - k)$. Емкости линий будут 3 k $C_Ф$ - утроение емкости фазы А.

$L_A > L_B > L_C$ В качестве симметричной принимаем L_A

$$\Delta L_B = \frac{L_A \cdot L_B}{L_A - L_B} \qquad \Delta L_C = \frac{L_A \cdot L_C}{L_A - L_C} \qquad \Delta L_{ЭКВ.} = \frac{\Delta L_И \cdot \Delta L_C}{\Delta L_И + \Delta L_C}$$

$$E_{ЭКВ.} = L_{"ЭКВ.}\left(\frac{E_B}{\Delta L_B} + \frac{E_C}{\Delta E_C}\right)$$



Расчетная схема нулевой последовательности

Рассмотрим случай, когда емкость каждой фазы различна.

Допустим, $C_A < C_B < C_C$, в качестве симметричной применяем минимальную емкость C_A.

$\Delta C_B = C_B - C_A$ $\Delta C_C = C_C - C_A$

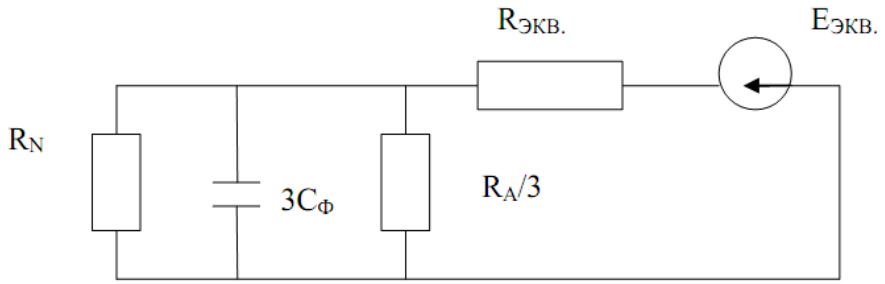
$$E_{ЭКВ.} = \frac{1}{C_{ЭКВ.}} \cdot (\Delta C_B \cdot E_B + \Delta C_C \cdot E_C), \qquad \text{где } C_{ЭКВ.} = \Delta C_B + \Delta C_C$$

Рассмотрим случай, когда $R_A > R_B > R_C$

$$\Delta R_B = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A - R_B}$$

Берем за базовую величину максимального активного сопротивления фазу А

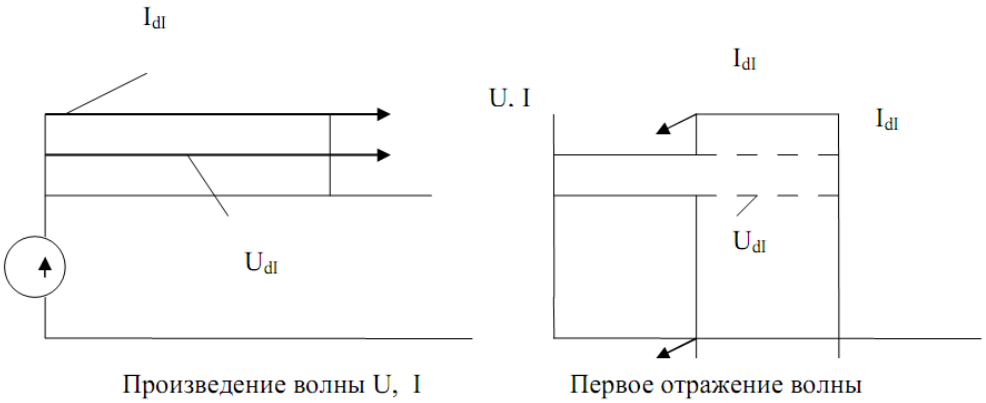
$$\Delta R_C = \frac{R_A \cdot R_C}{R_A - R_C}$$



$$E_{ЭКВ.} = R_{ЭКВ,}(\frac{E_B}{\Delta R_B} + \frac{E_C}{\Delta R_C}) \ , \qquad R_{ЭКВ.} = \frac{\Delta R_B \cdot \Delta R_C}{\Delta R_B + \Delta R_C}$$

Возникающие волновые процессы в линиях с распределенными параметрами, которые принимаются без потерь, где R_0 – активное продольное сопротивление, G – поперечная проводимость единицы длины линии, принятые равными нулю.

Напряжение и токи в любой точке линии представим в виде суммы падающих и отраженных волн.



Произведение волны U, I Первое отражение волны

Алгоритм отыскания повреждения на линии основано на измерении времени распространения вдоль линии с распределением параметров электромагнитных волн напряжения. Отсчет времени происходит при фиксации моментов приходов волн, возникающих в месте повреждения. Предположим, при этом, что линия длиной L заряжена до напряжения + U относительно земли.

Частотно-параметрический метод локации

В основе этого метода лежат частотные характеристики сети в режиме ОЗЗ. Моделируя электромагнитные переходные процессы, получим алгоритм локации. Задается ток, изменяемый по частоте, в широком диапозоне и фиксируется напряжение на заданной точке. На основе полученных частотных характеристик, строится зависимость частоты от расстояния до места замыкания.

В реальной сети переходной процесс ОЗЗ фиксируется путем измерения фазных напряжений на шинах РУ и токе нулевой последовательности поврежденного кабеля.

Частота переходного процесса выделяется на основе спектрального анализа измеряемых величин. Расстояния до места замыкания определяется сопоставлением частотного спектра, полученного при ОЗЗ в сети со спектром, полученным при моделировании.

Исследования показали [8], что сопротивление дуги и переходные сопротивления в месте замыкания практически не оказывают никакого влияния на частотный спектр.

Дифференциально-параметрический метод локации

Суть метода состоит в том, что напряжение на поврежденной фазе, появ-

ляющееся в начальный момент ОЗЗ, апроксимируется полиномом второй степени, после чего дифференцируется, определяется его максимум и выполняется нормировка.

С увеличением расстояния от центра питания до места замыкания максимальное значение нормированной производной $\frac{dU}{dt}$ уменьшается. Оценка расстояния до места замыкания производится путем сопоставления значения производной с расчетным и априорно полученными зависимостями. $\frac{dU}{dt} = \varphi(l_3)$. ℓ_3 – расстояние до места замыкания.

Заключение

1. *Методы неразрушающей тестовой диагностики повышают надежность КЛ и увеличивают срок их службы.*
2. *Непрерывный мониторинг состояния процессов, происходящих в КЛ, позволяет своевременно обнаружить начало разрушения изоляции кабеля и осуществлять динамическое управление нагрузкой и режимом работы кабельных линий. Рассмотрена современная интеллектуальная система диагностики КЛ.*

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М. : Энергоатомиздат, 1989.
2. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. Издание шестое под ред. Б.А. Алексеева, Л.Г. Когана Изд. ЭНЛС, 1998.
3. Труды четвертой всероссийской научно-технической конфереции ограничений перенапряжений. Режим заземления нейтрали. г.Новосибирск, 2006 г.
4. Труды НГТУ: Перенапряжение и эффективное заземление нейтрали. №2,2002 г., №3,2004 г., №4,2006 г. №5,2008 г.
5. Кадомская К.П., Качесов В.Е. Диогностика и мониторинг кабелей среднего напряжения. «Электротехника» №11,2000 г.
6. Козлов Д.Е. Неразрушающий контроль и диагностика кабелей с полиэтиленовой изоляцией. Журнал « Электрические станции», № 11, 2003 г.

УДК 621.315.01

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Т.А. Джунуев, А.К. Мамакеева
КГТУ им. И. Раззакова

В статье рассматривается применение интеллектуальных электрических систем к электроэнергетическим системам ограниченной мощности как способ повышения надежности и устойчивости, основанный на применении современных устройств управления режимами таких систем.

The article discusses the use of intelligent electrical systems to electricity demand systems as a way to improve the reliability and stability based on the use of modern devices to control the states of such systems.

В настоящее время ещё нет чёткого определения этого понятия. Умная сеть, сильная сеть, интеллектуальная сеть, активно-адаптивная сеть или сеть Smart Grid, как называют её на Западе. Этот термин применяется к электрическим сетям, которые самостоятельно осуществляют функции самоконтроля, анализа и составления диагностических отчётов. Такие сети позволяют осуществлять бесперебойное электроснабжение с максимальной экономической эффектив-

ностью. Новые технологии способны наделять сеть такими свойствами, как самодиагностика и самовосстановление, когда в автоматическом режиме выявляются наиболее слабые участки сети либо аварийно-опасные элементы, и схема сети, опять же автоматически, перестраивается таким образом, чтобы избежать аварии.

Из множества определений интеллектуальной сети в настоящее время можно сформулировать три основные цели, которые должны быть реализованы этим определением;

1. Повышение надёжности электроснабжения потребителей и безотказности, надёжности и устойчивости работы энергосистем;

2. Повышение эффективности расхода энергоресурсов с сохранением требуемых параметров качества электрической энергии;

3. Увеличение доли использования нетрадиционных источников энергии и улучшение за счёт этого экологической обстановки.

Существующие в настоящее время разные концепции Smart Grid затрагивают следующие аспекты:

- экологически более чистый процесс производства электрической энергии;

- управление электротехническим оборудованием;

- мониторинг (контроль, наблюдение, слежение) состояния электротехнического оборудования и режимов его работы;

- автоматизация магистральных распределительных сетей и узловых подстанций и регулирование перетоков мощностей.

При разработке концепций и проектов по внедрению интеллектуальных сетей следует помнить, что Smart Grid – это не просто автоматизация процесса управления производством, передачи и распределения электрической энергии. Это система управления всей электрической сетью, которая в конечном итоге должна стать полностью автоматической, а все имеющиеся автоматизированные системы (АСУ ТП, АСТУ, ССПИ, АСТУЭ, системы мониторинга, системы управления данными и др.) являются лишь инструментом для достижения поставленных целей.

Интегрированные в единую платформу существующие автоматизированные информационные системы позволят по-новому подходить к построению электрических сетей, к ведению режимов их работы и контролю за их состоянием.

Интеллектуальная электрическая сеть в зависимости от сложившихся условий в автоматическом режиме будет производить переконфигурацию для достижения минимума затрат энергоресурсов без снижения надёжности работы.

В условиях чрезвычайных происшествий Smart Grid позволяет быстрее реагировать на ситуацию и восстанавливать работоспособность сети.

Перевод кыргызских национальных электрических сетей в формат активно-адаптивной сети позволит повысить системную надёжность и устойчивость электросетевого комплекса, а также гибко регулировать перетоки мощности, обусловленные изменением генерации и потребления электроэнергии. Для интеллектуальной сети характерны более низкие потери электроэнергии при её передаче и меньшее влияние на экологию.

Сегодня энергетическая система, развиваясь недостаточно быстрыми темпами, в значительной степени устарела и характеризуется высокой степенью морального и физического износа, высокими потерями, низкой степенью развития систем управления, ограниченной функциональностью систем мониторинга и контроля, что приводит к понижению уровня надёжности и устойчивости, Поэтому вопрос о создании сети нового поколения, основанной на последних достижениях науки и техники, стоит очень остро.

Таким образом современная интеллектуальная сеть должна включать си-

стемы управления, в том числе такие как DMS – системы программного управления распределительными сетями, OMS – системы управления аварийными отключениями, GIS – геоинформационные системы, системы управления мобильными рабочими бригадами, которые интегрируются с системами управления основными фондами, и SCADA – системами диспетчерского контроля и сбора данных.

Всё это в совокупности принесёт ощутимый экономический эффект, приведёт к сокращению энергопотерь, повышению эффективности управления сетями, и, как результат, росту качества и надёжности поставок электроэнергии конечным потребителям.

При создании активно-адаптивной сети должны быть использованы современные средства управления, новые системы диагностики и высокоскоростные системы передачи информации.

В свою очередь интеллектуальная сеть требует разработки и внедрения целого комплекса инновационного оборудования и технологий, иного подхода к планированию, проектированию, строительству и эксплуатации объектов сети.

Одним из основных элементов активно-адаптивной сети является «цифровая» подстанция. Создание таких подстанций является общемировой тенденцией, работы над такими проектам ведутся в Европе, США, Японии, Индии и Китае. Идея «цифровой» подстанции заключается в создании систем контроля, защиты и управления нового поколения, в которых вся информация рождается, перерабатывается и управляет оборудованием в цифровом формате.

В качестве одного из этапов построения интеллектуальной сети должно стать создание единой автоматизированной системы технологического управления. Такая система должна быть направлена на повышение контроля за состоянием сети, на предотвращение возникновения нештатных режимов, на создание систем онлайн-мониторинга и на интеллектуальную диагностику состояния оборудования. Применение таких систем повысит эффективность управления функционированием и пропускной способностью электросетей как в нормальных, так и аварийных и послеаварийных режимах, позволит обеспечить надёжный приём и транспортировку энергии и получать качественную информацию о режимах и состоянии ЭС.

На первом же этапе создания современных интеллектуальных электроэнергетических систем они должны строиться на интеграции традиционных систем и процессов в энергетике с новыми коммуникационными технологиями и целостной многоуровневой автоматизированной системой управления.

Проведённые исследования показывают, что пропускная способность линий 220-750 кВ ограничивается нагревом проводов и устойчивостью электропередачи (рис. 1), причём для линий напряжением 220 и 330 кВ – как нагревом, так и устойчивостью, а для линий напряжением 500 и 750 кВ – в основном устойчивостью.

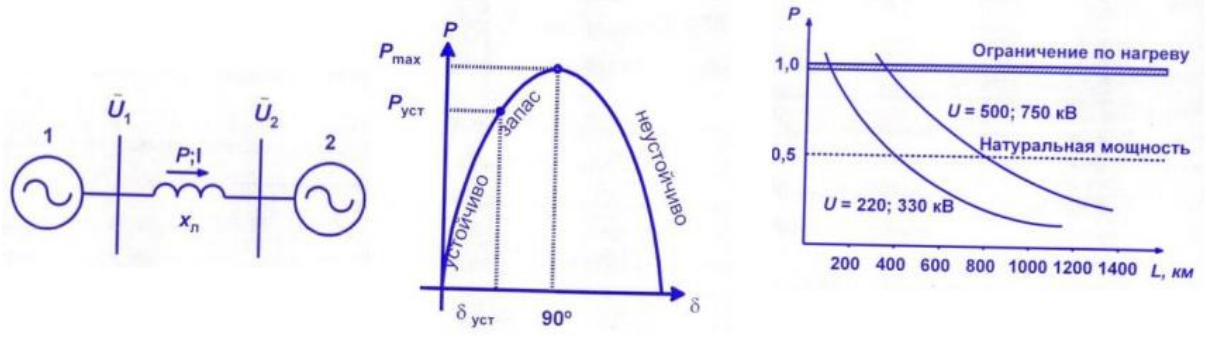


Рис. 1. Зависимость пропускной способности линий от дальности передачи

С увеличением же длины линий устойчивость является основным фактором, ограничивающим предел передаваемой мощности. Положение усугубляется тем, что запас устойчивости электропередачи при большой длине линии вообще невелик.

Известно, что передаваемая по линии без потерь активная мощность (АМ) и потребляемая по её концам реактивная мощность (РМ) в зависимости от угла передачи δ определяются по следующим формулам:[1,2].

$$P = \frac{U_1 U_2}{X_Л}\sin\delta;\ Q_1 = \frac{U_1(U_1 - U_2\cos\delta)}{X_Л};\ Q_2 = \frac{U_2(U_2 - U_1\cos\delta)}{X_Л}; \quad (1)$$

где $U_1,\ U_2$ - напряжения в начале и в конце линии; $X_л$ - индуктивное сопротивление линии; δ - угол между векторами $U_1,\ U_2$.

Ограничения величины передаваемой мощности P_0 вызваны необходимостью обеспечить статическую устойчивость в нормальном режиме с нормативным коэффициентом запаса статической устойчивости по передаваемой мощности:

$$K_{ЗАП} = \frac{P_{ПР} - P_0}{P_0}100\ \% > 20\%, \quad (2)$$

где $P_{ПР}$ - предел передаваемой мощности линии, имеющей по концам напряжения U_1 и U_2

$$P_{ПР} = \frac{U_1 U_2}{X_Л}. \quad (3)$$

Эта мощность может быть достигнута при максимально возможном угле $\delta = \pi/2 = 90º$.

Также нужно обеспечить динамическую устойчивость в аварийном режиме и передачу требуемой мощности по ЛЭП в послеаварийном режиме с нормативным коэффициентом запаса $К_{зап} > 8\%$.

Как следует из выражения (1), предел передаваемой мощности $P_{ПР}$ длинных ВЛ может быть увеличен за счёт снижения (компенсации) сопротивления линии путем:

1) деления линии на части при установке в середине линии статического тиристорного компенсатора реактивной мощности (СТК).

Существенное повышение пропускной способности ЛЭП происходит в диапазоне углов $90° < \delta < 180°$ или в так называемой зоне искусственной устойчивости, в которой аварийное отключение СТК может привести к потере устойчивости электропередачи;

2) введения в линию устройства продольной компенсации (УПК) с ёмкостным сопротивлением X_C. Кроме повышения пропускной способности линии, УПК позволяют перераспределять мощность между параллельными линиями электропередачи за счёт изменения сопротивления ВЛ.

Для перераспределения мощности между параллельными линиями неодинаковой длины, а также разных классов напряжений применяют фазоповоротные устройства (ФПУ).

Все эти устройства являются классическими и изменяют передаваемую по линии мощность, воздействуя на один из трех параметров: СТК - на напряжение, ПК - на сопротивление линии, а ФПУ - на угол передачи.

Таким образом, основой повышения управляемости и надежности таких электроэнергетических систем является применение устройств FACTS, современных цифровых автоматизированных устройств управления, защиты и передачи информации, системы мониторинга состояния и диагностики оборудования, работающих в режиме on-line.

В электрических сетях и системах Кыргызстана возможно применение различных устройств FACTS, но предпочтение при прочих близких технико-экономических характеристиках должно

отдаваться тем устройствам, которые обладают способностью глубокого регулирования реактивной мощности, высокого быстродействия, оптимизации потокораспределения мощности, ограничения токов короткого замыкания.

В первую очередь необходимо развернуть комплексную работу по выбору и проектированию пилотных электросетевых проектов, на которых могут быть внедрены технологии ФАСТS. Это проекты второй цепи ЛЭП-500 кВ Юг-Север; ПС-500 кВ «Датка» и «Кемин»; каскад Камбаратинских ГЭС; каскад Верхнее-Нарынских ГЭС и Каракеченская ГРЭС.

Литература

1. Веников В.А, Жуков Л.А., Поспелов Г.Е. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей. Под ред Веникова В.А. - М.: Высшая школа, 1975. - 344 с. с ил.
2. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем /Под./ ред. Л.А. Жукова. М.: Энергия, 1979.

УДК 621.3.064.31:621.311.214

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПЯХ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ МАЛЫХ ГЭС

Омокеева А.А.
КГТУ им. И.Раззакова
E-mail: Omokeeva_aa@mail.ru

Проведены оценка уровней перенапряжений, возникающих при коммутациях сверхбыстродействующими вакуумными выключателями и анализ влияния параметров и места установки средств защиты от перенапряжений в цепях генераторного напряжения с помощью математических моделей блочной схемы ГЭС малой мощности и вакуумного выключателя в программе EMTP-RV.

Evaluation rate overvoltage, appear by switching ultraspeed vacuum circuit breakers and analysis influence parameters and placement location of protective equipments from overvoltage in circuits of generator voltage to experiment carrying out with mathematical models of block scheme of low power hydroelectric station and vacuum circuit breaker in software EMTP-RV.

Срок службы изоляции электрооборудования в электрических сетях во многом зависит от уровня коммутационных перенапряжений. В последнее время актуальность данного вопроса существенно возросла в связи с внедрением в эксплуатацию выключателей с жестким дугогашением, к которым относятся вакуумные выключатели. Причинами перенапряжений, возникающих при коммутациях вакуумными выключателями, являются эскалация напряжений и срез тока. Исследования коммутационных процессов проводились с помощью разработанных в программе *EMTP-RV* (Electromagnetic transients program) математической модели блока станции с генераторными вакуумными выключателями и смежного участка сети (см. рис.1). В блоке генераторы и повышающий трансформатор соединяются с ячейкой выключателя с помощью соединительных токопроводов *1* и *2* соответственно.

Параметры генераторов и трансформаторов существенно различаются и изменяются в широких переделах ($C_Г$=0,1-3,0 мкФ, $L_Г$=0,3-0,8 мГн, $C_Т$=1-20 нФ, $L_Т$=0,13-0,4 мГн). Параметры энергосистемы и остального оборудования (трансформаторов собственных нужд, измерительных трансформаторов, соединительных токопроводов, шинопроводов

и другой нагрузки на шинах генераторного напряжения и на шинах со стороны высокого напряжения) варьировались и рассчитывались согласно общепринятым правилам [1].

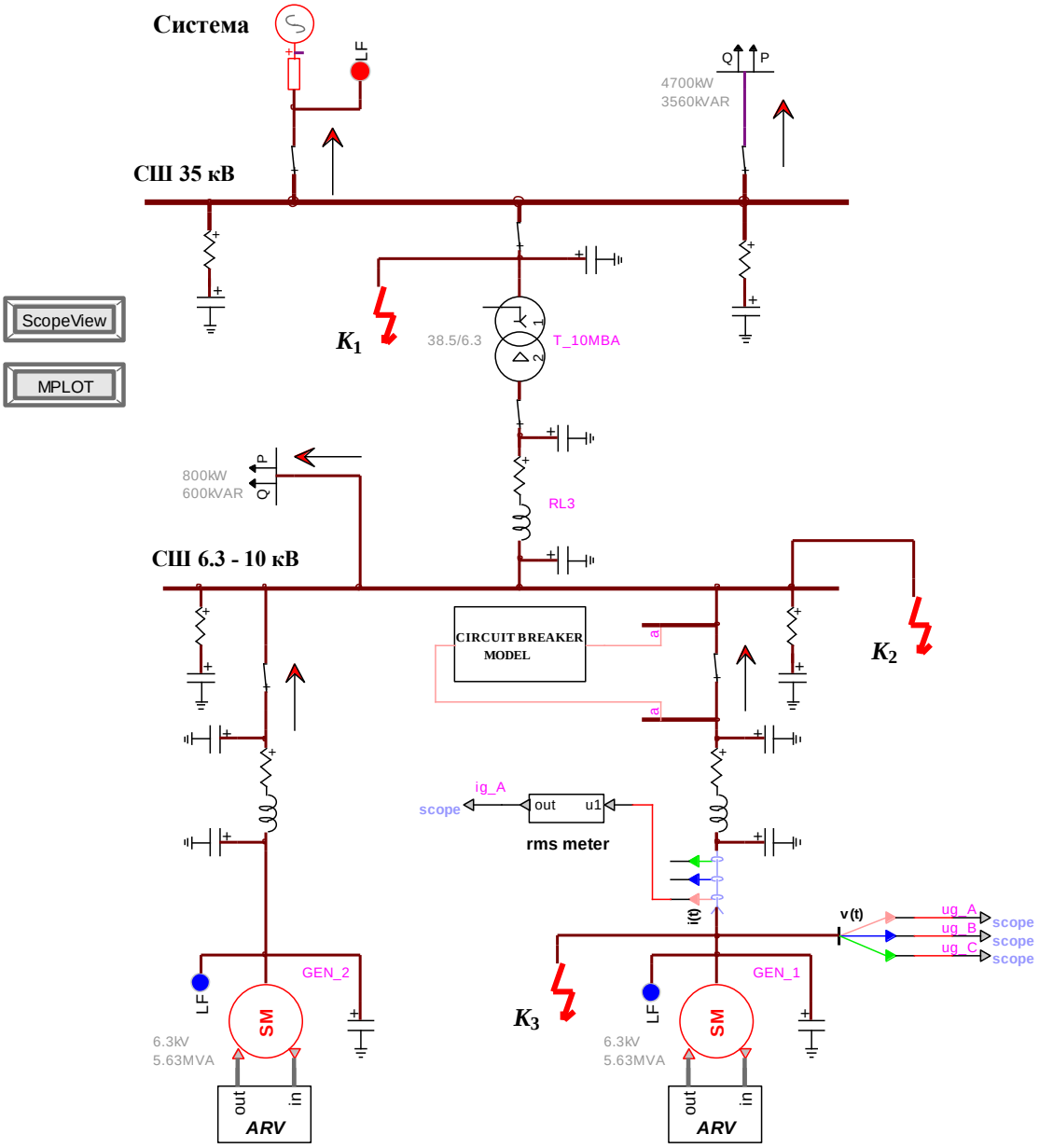


Рис.1. Математическая модель укрупненного блока станции в EMTP-RV

Разработанная модель вакуумного выключателя в программе *EMTP-RV* осуществляет сравнение восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя $u_B(t)$ с диэлектрической прочностью $u_{ДЭ}(t)$ промежутка [2]. Блок управления идеальным ключом (control switch), моделирующего повторные зажигания (ПЗ), показан на рис. 2. Исследования, проведенные применительно к процессу отключения с помощью модели вакуумного выключателя, показали, что ПЗ дуги в межконтактном промежутке могут привести к увеличению кратности перенапряжений как на контактах выключателя, так и на выводах коммутируемого генератора.

Полагая, что прочность изоляции генераторов находится на уровне 2,7-2,9 о.е., из полученных расчетным путем диаграмм наибольших кратностей пере-

напряжений следует, что наиболее высокие уровни перенапряжений характерны для вакуумных выключателей, при отключении токов холостого хода трансформатора блока при условии превышения начальной скорости восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя скорости роста диэлектрической прочности вакуумного промежутка [2].

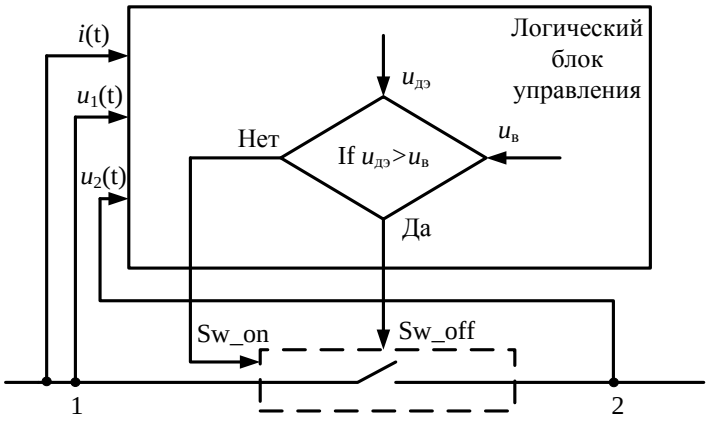


Рис.2. Блок управления выключателя, моделирующего повторные зажигания

В таблице 1 представлены значения скорости восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя в зависимости от параметров соединительных токопроводов, при коммутациях выключателем при различных режимах работы генератора блока. Отсюда следует, что наибольшие начальные скорости восстановления напряжения на контактах выключателя возникают при отключении токов КЗ на выводах генератора (в точке K_3), и что существенно меньшая опасность переходного процесса имеет место при отключении генератора в нормальном режиме.

Таблица 1

Скорость восстанавливающегося напряжения при вариации параметров соединительных токопроводов (d*U*/d*t*), *кВ*/*мс*

Токопровод 1					
Сечение, *мм*^{2}	185	240	300	400	500
1. Отключение номинального тока генератора					
$(dU/dt)_{max}$	66,5	73	74	70	76,35
2. Отключение тока КЗ (в точке K_3)					
$(dU/dt)_{max}$	98,08	107,65	100,85	106,45	110
3. Отключение тока холостого хода трансформатора					
$(dU/dt)_{max}$	121,4	90,4	115,7	118,2	113,2
Токопровод 2					
Сечение, *мм*^{2}	300	400	500	630	800
1. Отключение номинального тока генератора					
$(dU/dt)_{max}$	65	61,4	71,5	72	61,5
2. Отключение тока КЗ (в точке K_3)					
$(dU/dt)_{max}$	98,715	94,9	104,75	112,9	104,45
3. Отключение тока холостого хода трансформатора					
$(dU/dt)_{max}$	114,5	107,3	97,9	117,1	107

Наибольшие значения скорости восстанавливающегося напряжения (80-122 кВ/мс) определяют требуемую диэлектрическую прочность вакуумной дугогасительной камеры (ВДК), при которой не должны возникать повторные зажигания и соответственно эскалация напряжения, что может быть определяющим критерием при выборе выключателя.

В работах, посвященных экспериментальным исследованиям перенапряжений, возникающих при коммутациях вакуумными выключателями, предлагается снижение уровней перенапряжений с помощью нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН) и *RC*- цепочек [3]. Осциллограммы процесса при отключении вакуумным выключателем номинального тока генератора блока при отсутствии и наличии ОПН приведены на рис.3, а и б.

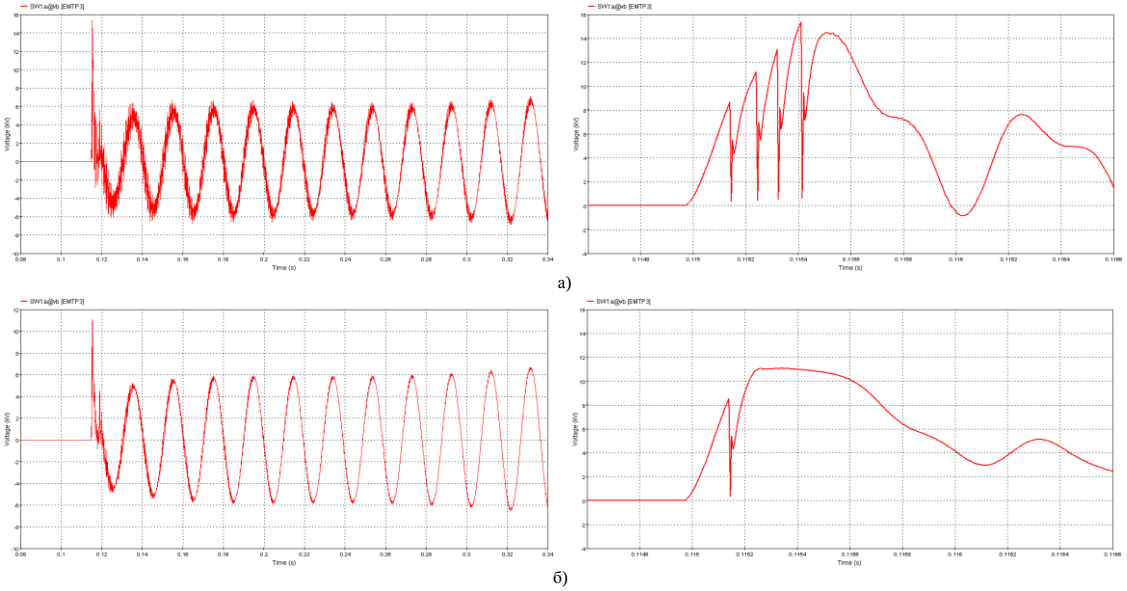


Рис. 3. Осциллограммы восстанавливающегося напряжения на контактах вакуумного выключателя при отсутствии (а) и наличии (б) ОПН на присоединении с генератором (справа увеличенные фрагменты соответствующих осциллограмм)

Значения уровней перенапряжений на выводах отключаемого генератора при варьировании параметрами защитной *RC* – цепочки приведены на рис. 4. Из полученной зависимости следует, что наибольшее снижение перенапряжений достигается при параметрах защитной цепочки: *C*=0,1-0,3 мкФ и *R*=50–100 Ом.

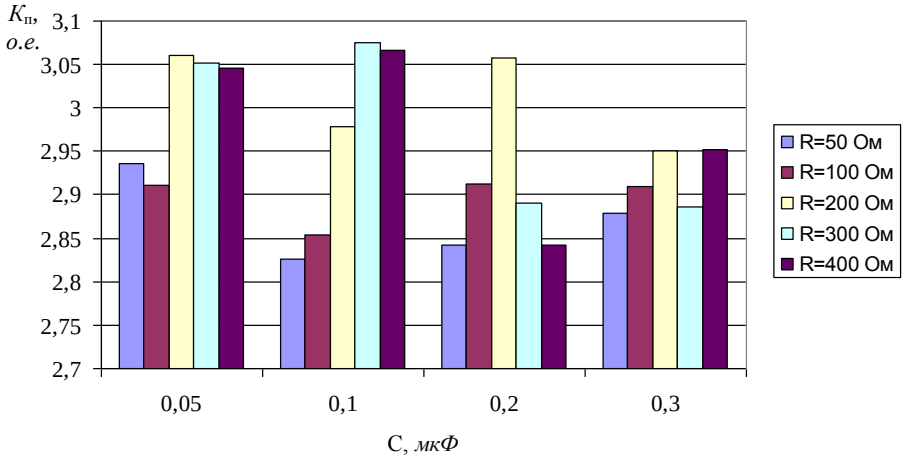


Рис.4. Зависимости кратностей перенапряжений на выводах генератора от параметров защитной RC –цепочки

Защитное действие *RC*- цепочки проявляется в уменьшении частоты собственных колебаний процесса восстановления напряжения на контактах выключателя, что приводит либо к снижению количества ПЗ, либо к их полному исключению. Компьютерные осциллограммы показали, что эффективность действия *RC*- цепочки зависит также и от места ее установки. По приведенным данным в таблице 2 следует, что при установке *RC*- цепочки со стороны генератора перед выключателем число ПЗ уменьшается. Наибольшие кратности перенапряжений зафиксированы не при первом, а при последующих погасаниях дуги и при меньших значениях мощностей генераторов (см.табл.3).

Таблица 2

Влияние места установки *RC* – цепочки на процесс восстановления напряжения (*R*=100 Ом, *C*=0,1 мкФ)

Место установки *RC* - цепочки	$N_{пз}$	$K_г$, о.е.	$K_в$, о.е.
Перед выключателем (со стороны генератора)	6	2,85	2,35
За выключателем (со стороны повышающего трансформатора)	8	2,93	2,49

Таблица 3

Характеристики процесса, эффективность *RC* – цепочки при различной мощности генераторов при неизменных параметрах соединительных токопроводов

№ п/п	$P_{ном}$, МВт	$N_{пз}$	$K_г$, о.е.	$K_в$, о.е.	Наличие (+) и отсутствие (-) *RC* - цепочки
1.	4,5	8	3	2,53	-
		6	2,8	2,35	+
2.	6,4	4	2,66	2,08	-
		2	2,5	2,05	+
3.	7	3	2,4	1,9	-
		0	2,3	1,7	+

Таким образом, присоединение *RC*- цепочек перед выключателем (со стороны генератора) совместно с ОПН позволяет снизить крутизну подъема напряжения, повысить затухание высокочастотного переходного процесса, а в некоторых случаях даже исключить ПЗ в ВДК.

Литература

1. *Хаммарлунд П.* Восстанавливающееся напряжение на контактах выключателя. Под ред. Буткевича Г.В. –Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 296 с.
2. *Гусев Ю.П., Омокеева А.А.* Анализ коммутационных процессов в цепях генераторного напряжения малых ГЭС // Электрические станции. -2012. -№12. –С. 33-39.
3. *Бушуев С., Волков А.,* Ларин В., Лоханин А., Матвеев Д., Пугаченко З., Семененко Н., Шейко П. Исследование коммутационных перенапряжений, генерируемых вакуумными генераторными выключателями на энергообъекте // V Международная конференция «Высоковольтное коммутационное оборудование». Ноябрь, 2009.

УДК 681.51

О СИНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ В УПРАВЛЕНИИ ЧАСТОТОЙ И НАПРЯЖЕНИЕМ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

БакасоваА.Б., Ниязов Н.Т.
КГТУ им.И.Раззакова

Рассмотрены проблемы использования идей синергетического управления в задачах исследования сложных процессов, происходящих в электроэнергетических системах, в частности, вопросы управления синхронными генераторами. Показаны преимущества синергетического подхода в управлении частотой и напряжением в сложной электроэнергетической системе по сравнению с традиционными методами управления.

The problems of using the synergetic control theory for tasks of complex processes research in electric power systems, in particular control of a synchronous generators. Shows the advantages of synergetic approach to voltage/frequency control in a complex power system

Современные сложные электроэнергетические системы (ЭЭС) представляют собой комплекс различных подсистем, связанных между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена энергией, веществом и информацией.

Важнейшими динамическими особенностями современной сложной ЭЭС являются взаимосвязанность (многосвязность) протекающих в них технологических процессов, нелинейность, особенно сильно проявляющаяся в экстремальных и аварийных режимах работы, и многомерность, определяющая высокую размерность математических моделей, описывающих ЭЭС. Ниже приведена блок – схема ЭЭС (рис.1), где происходят сложные преобразования, передачи, распределения электрической энергии [1].

Как известно, регулируемая ЭЭС представляет собой сложную нелинейную электромеханическую колебательную систему, которая характеризуется следующими свойствами: многочастотность колебаний; зависимость характера электромеханических колебаний от величин возмущения; зависимость параметров электромеханических колебаний от исходного режима и амплитуды колебаний; возможность возникновения резонанса; зависимость колебательных свойств ЭЭС от способа регулирования возбуждением и настройки автоматического регулятора возбуждения (АРВ); свойство автоколебательности [2].

В отличие от традиционной теории информации, которая занимается проблемами передачи, хранения и получения (рецепции) информации, в регулируемой ЭЭС актуальным становится вопрос о ценности информации, которая происходит в самом объекте и это становится одним из главных моментов при синергетическом подходе исследований.

О некоторых особенностях анализа и синтеза сложных динамических систем говорится в статье [3]. Одна из особенностей синергетического подхода – это появление самоорганизации и самодезорганизации динамических процессов, самопереход от хаоса к порядку, к упорядочению и появление пространственно – переменных структур.

В структуре ЭЭС значительное место занимают агрегаты электрической части, выполняющие функцию непосредственной генерации электроэнергии – синхронные генераторы (СГ). Качество производимой энергии напрямую связано с эффективностью автоматического и полуавтоматического управления блоками СГ.

При работе СГ параллельно с сетью большой мощности основными требованиями, предъявляемыми к системе управления, является поддержание требуемых значений частоты вращения тур-

бины (рис.2) и выходного напряжения СГ (рис.3). На рис.2 и рис.3 приведены традиционные схемы регулирования частоты вращения и активной мощности в ЭЭС, и регулирование напряжения СГ [4,5,6].

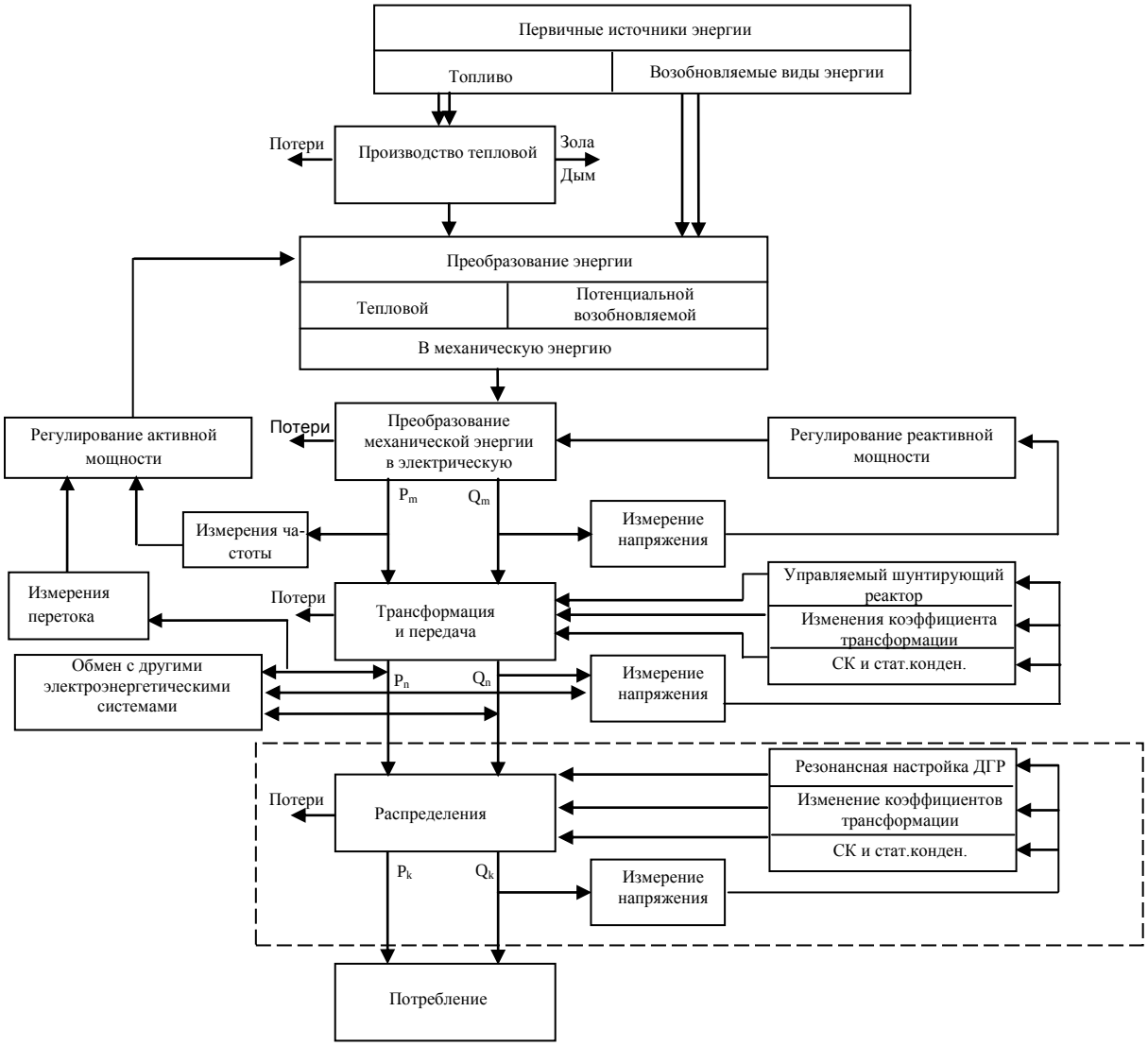


Рис.1 Блок – схема технологического процесса производства,преобразования, передачи, распределения и использования электрической энергии

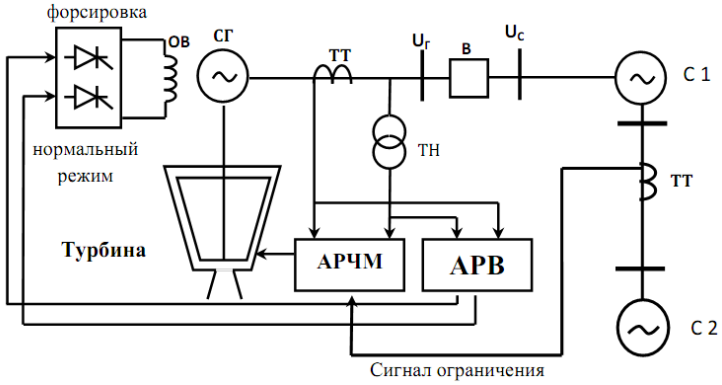


Рис.2 Традиционная схема регулирования частоты (АРЧ) и активной мощности в ЭЭС (АРЧМ)

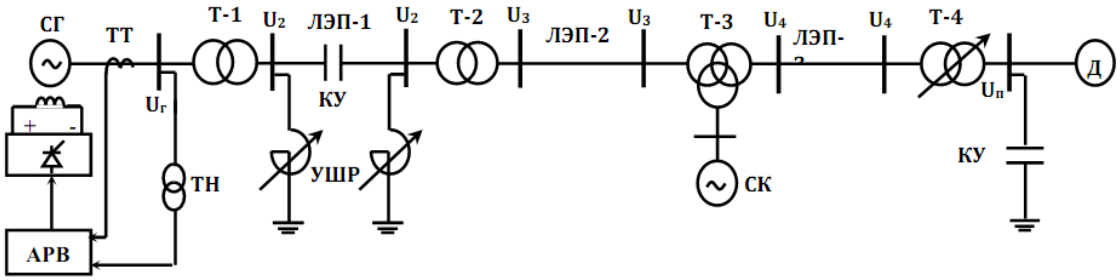


Рис.3 Традиционная схема регулирования напряжения СГ (АРВ) и поддержание напряжения на должном уровне в контрольных пунктах ЭЭС

Как правило, в ЭЭС действия АРЧ СГ координируются иерархической системой автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ) (рис.2). Для этого СГ оснащаются автоматическими регуляторами мощности (АРМ). Они обеспечивают поддержание предписанного значения мощности СГ путем воздействия на механизм управления турбиной (МУТ), входящего в состав АРЧ.

Наряду с регулированием частоты системы АРЧМ осуществляют регулирование перетоков мощности, обычно предусматриваемое на линии электропередачи (ЛЭП), связывающей объединенные энергетические системы (ОЭС) или ОЭС разных стран.

АРЧМ, реагируя на отклонение частоты и перетоков мощности от заданных уставок, воздействует на изменение активной мощности агрегатов, участвующих в регулировании.

Система АРЧМ решает две задачи [7].

- обеспечивает устойчивость параллельной работы путем ограничения перетоков мощности по контролируемым ЛЭП;
- повышает экономичность ЭЭС и качество электроэнергии путем регулирования частоты и распределения нагрузки между электростанциями.

Первая из этих задач имеет более важное значение, поэтому при достижении опасной величины перетока мощности по какой – либо из контролируемых ЛЭП система регулирования блокируется и действует только система ограничения (рис.2).

Повышение требований к качеству вырабатываемой электроэнергии (частоте и амплитуде напряжения), устойчивости, надежности, расширению функциональных возможностей СГ электростанций (участие в межсистемной регулировании частоты и перетоков мощности и т.д.), обуславливают актуальность и необходимость поиска путей совершенствования процессов управления СГ.

При этом важнейшей для энергетики является проблема разработки и построения алгоритмов систем управления переходными режимами ЭЭС, исходя из требований получения динамических свойств заданного качества [7]. К таким задачам относится разработка взаимосвязанных систем управления возбуждением СГ и частотой вращения турбин. Основными требованиями к таким системам являются обеспечение максимальной области динамической устойчивости ЭЭС и повышенного быстродействия в режиме больших отклонений от положения равновесия, а также статическая устойчивость и заданные демпфирующие свойства в режиме малых колебаний ЭЭС [4,7,8].

В настоящее время АРВ СГ и АРЧ СГ синтезируются как отдельные независимые устройства [2,7,9,10], хотя очевидно, что каналы регулирования возбуждения и частоты вращения несомненно оказывают существенное влияние друг на друга, так как СГ и турбина являются взаимосвязанными объектами (рис.2).

Эти обстоятельства связаны с тем, что в существующей теории автоматического управления и регулирования ЭЭС

отсутствуют методы синтеза систем управления СГ и их группами с учетом таких отличительных свойств, как нелинейность, многомерность и взаимосвязанность, которые принципиально затрудняют применение методов классической теории управления.

В связи с этим для построения эффективных стратегий автоматического управления энергоагрегатами с учетом нелинейных моделей динамики, необходимо переходить на новые концептуальные основы[8].

В работах профессора Колесникова А.А. и его учеников [8,11,12] предложены новые методы синергетического синтеза законов векторного управления частотой и мощностью СГ и их групп в нелинейной постановке с учетом взаимосвязанности. На основе указанных законов построены принципиально новые классы автоматических регуляторов, обеспечивающих асимптотическую устойчивость в целом замкнутых систем «СГ - регулятор» (рис.2), их параметрическую робастность и инвариантность к внешним возмущениям (гармоническим и кусочно-постоянным) [12].

Для синтеза синергетических законов управления СГ [8,11,12] использована общепринятая нелинейная расширенная математическая модель СГ ЭЭС (1):

$$\begin{aligned}
&\delta\ t\ = s;\\
&T_j s\ t\ = P_T - P_Э + M\ t\ ;\\
&T_{do} E'_q\ t\ = -E_q + U_1;\\
&T_П P_T\ t\ = -P_T + q\text{C};\\
&T_C q\ t\ = -\gamma\ q\ - k_\omega s + h;\\
&T_B h\ t\ = -h + U_2.
\end{aligned} \qquad (1)$$

где, $\delta -$ угол между Э.Д.С. СГ и напряжением шины; $s = \omega_0 - \omega\ \ \omega_0 -$ скольжение; $\omega -$ частота вращения СГ;$\omega_0 -$ синхронная частота вращения; $P_T -$ механическая мощность турбины. $P_Э -$ электрическая мощность турбины, определяется как [9]:

$$P_Э = {E_q}^2 y_{11} \sin\ \alpha_{11}\ + E_q U_C y_{12} \sin\ \delta - \alpha_{12}\ , \qquad (2)$$

здесь, $y_{11}, y_{12} -$ модули собственной и взаимной проводимости СГ с шинами постоянного напряжения$U_C = const$:

$$y_{11} = y_{12} = \frac{1}{{x_d + x_c}^2 + {r + r_c}^2}, \qquad (3)$$

$\alpha_{11}, \alpha_{12} -$углы, дополняющие до π 2 аргументы собственных и взаимных проводимостей:

$$\alpha_{11} = \alpha_{12} = \frac{\pi}{2} - arctg\ \ \frac{x_d + x_c}{r + r_c}\ , \qquad (4)$$

где $r -$ активное сопротивление СГ; $r_c, x_c -$ активное и реактивное сопротивление связи СГ с энергосистемой. $E'_q -$переходная Э.Д.С. СГ, определяется как [9]:

$$E'_q = E_q + \frac{x_d - x'_d}{x_d}\ E_q - U_C \cos\ \delta - \alpha_{12}\ , \qquad (5)$$

где $x_d,\ x'_d -$ синхронное и переходное сопротивление СГ; $E_q -$ синхронная Э.Д.С. СГ; $C = const -$давление энергоносителя (пара или воды) перед турбиной; $q -$ перемещение сервомотора регулирующего клапана, изменяющего доступ энергоносителя (пара или воды) в турбину; $k_\omega -$ коэффициент передачи измерительной части первичного регулятора скорости; $\gamma\ q\ -$ функция, учитывающая ограничение на перемещение сервомотора [12]:

$$\gamma\ q\ = \begin{cases} q_{max}, q \geq q_{max} \\ k_q q,\ q_{min} < q < q_{max}, \\ q_{min}, q \leq q_{min} \end{cases} \qquad (6)$$

здесь $q_{min}, q_{max} -$ соответственно минимальное и максимальное значение перемещения, $k_q -$ постоянный коэффициент; $h -$ сигнал вторичного регулятора скорости турбины; $U_1 -$ напряжение, прикладываемое к обмотке возбуждения СГ (управление по каналу возбуждения); $U_2 -$ управляющее воздействие на вторичной регулятор скорости турбины (управление по каналу регулирования частоты вращения турбины); $M\ t\ -$ возмущение, действующее на СГ; $T_j -$ постоянная времени инерции СГ; $T_{do} -$ постоянная времени обмотки возбуждения СГ; $T_П -$постоянная времени объема энергоносителя (пара, воды) турбины; $T_C -$ постоянная времени первичного ре-

гулятора скорости турбины; T_B – постоянная времени вторичного регулятора скорости турбины.

Таким образом, динамика СГ описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений с двумя каналами управления. Применение взаимосвязанного двухканального управления СГ – по каналу частоты вращения турбины и каналу возбуждения СГ позволяет существенно расширить область динамической устойчивости ЭЭС.Использование нелинейных моделей для синтеза синергетических законов управления позволяет учесть естественно – физические свойства объекта управления, а также за счет нелинейности модели увеличить быстродействие системы управления, что невозможно в линейных системах.

Литература

1. Апышев Дж.А., Бакасова А.Б. Нелинейности в электроэнергетике. – Бишкек: 2003, с. 169.
2. Барзам А.Б. Системная автоматика. – М.: Энергоатомиздат,1989, с. 446.
3. Шаршеналиев Ж., Бакасова А.Б. О некоторых основах системного анализа динамических систем методом синергетического управления. – Бишкек: Известия НАН КР, Илим, 2011,№2.с.50-60.
4. Бакасова А.Б. Синергетический подход в управлении частотой и напряжением сложной электроэнергетической системы. Фундаментальные и прикладные проблемы науки, Т-2, материалы VI Международного симпозиума. – Москва, 2011. с.164-171.
5. Бакасова А.Б. О синергетических алгоритмах управления в сложных электроэнергетических системах. Фундаментальные и прикладные проблемы науки, Т-1, материалы VII Международного симпозиума. – Москва, 2012. с.170-180.
6. Шаршеналиев Ж.Ш., Бакасова А.Б.Проблемы устойчивости и задачи управления режимами электроэнергетических систем в нормальных и аварийных условиях. Бишкек: Известия НАН КР №2, 2012, с.50-57.
7. Веников В.А., Зуев Э.Н., Портной М.Г. и др. Электрические системы: Управление переходными режимами электроэнергетических систем. – М.: Высшая школа, 1982.

УДК 621.3.01

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ХАОТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЭЛЕМЕНТАХ И УСТРОЙСТВАХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Бакасова А.Б., Кыдырмаева З.С.
КГТУ им.И.Раззакова

Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой возможности возникновения хаотических процессов для класса электромеханических устройств, и применение синергетического метода для решения сложной задачи управления нелинейными объектами с хаотической динамикой.

Assessing of chaotic processes possibility for a class of electromechanical devices and the use of synergistic method for solving complex control problems of nonlinear objects with chaotic dynamics.

Многие нелинейные явления в различных областях техносферы не описываются регулярными или простыми диссипативными структурами, а их математические модели допускают значительно более сложные нерегулярные решения, названные динамическим хаосом.

Ключевым в определении динамического хаоса является чувствительность к начальным данным – разбегание за ко-

нечное время на конечное расстояние двух бесконечно близких траекторий. Будущее для таких систем является принципиально непрогнозируемым, а прошлое – невоспроизводимым. Если в детерминированной модели будущую траекторию можно предсказать на сколь угодно большое время вперед, зная текущее состояние системы, а в стохастической модели точный прогноз вообще невозможен даже на сколь угодно малое время, то в хаотической модели ошибка прогноза растет экспоненциально и, следовательно, возможен прогноз на ограниченное время вперед, определяемое допустимой ошибкой прогноза [1].Изучение свойств и особенностей хаотических колебаний в динамических системах потребовало привлечения для их анализа ряда самостоятельных дисциплин и методов, таких как теория нелинейных колебаний, теория динамических систем, теория дифференциальных уравнений, теория возмущения, теория устойчивости и бифуркаций, статистическая теория [3].

Новые синергетические подходы в исследовании динамических систем позволяют выявлять тенденции их процессов к порядку либо хаосу, вскрывать механизмы перехода от порядка к хаосу, изучать хаос и более углубленно анализировать проблему устойчивости [1,3,4,5].В соответствии с доктриной современной нелинейной науки хаос может играть существенную конструктивную роль и служить источником порядка. Для реализации в управляемых сложных системах идеи «порядок из хаоса» целесообразно использовать синергетические методы теории аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР) для синтеза упорядочивающих объективных законов управления соответствующими технологическими процессами, в которых с возникновение хаотических режимов на определенном интервале времени приводит к значительному улучшению их показателей качества [5,6].

Современные электромеханические системы (ЭМС) представляют собой комплекс различных подсистем, связанных между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена энергией, веществом и информацией. Известно, что многие такие устройства и системы ЭМС являются динамичными, нелинейными, многомерными, многосвязными с наличием взаимодействующих подсистем, в которых протекают сложные переходные процессы и возникают критические и хаотические режимы.

Хаотические режимы таких систем могут быть как нежелательными, так и требуемыми технологическими процессами.

Примером желательности хаотического поведения является технология псевдоожижения, широко применяемая при сжигании топлива на электростанциях. Нежелательное хаотическое поведение объектов часто возникает в критических режимах их движения в ЭМС (короткие замыкания, лавина частоты и напряжения, перенапряжения, перемежающаяся дуга, феррорезонансные явления и т.д.).

Преимущественно нелинейный характер объектов современной ЭМС определяет высокую вероятность возникновения в их системах хаотических процессов [2].

Самоорганизация, грубость и ограниченность фазовых областей таких процессов, отражающие свойства механизма функционирования и регулирования объектов и систем электроэнергетики позволяют говорить о хаотических режимах работы последних.

Сложность исследования хаотических режимов обусловлена, прежде всего, отсутствием надежных инженерных методов их идентификации, которая затрудняется ограниченной длительностью наблюдения процессов в реальных системах, возникновением хаотичности зачастую только в узком диапазоне параметров систем, маскировкой этих режи-

мов другими более известными процессами и явлениями [1].

Таким образом, целесообразно обратить внимание на возможную характерность подобных режимов для самых разнообразных устройств и элементов.

Приведем некоторые простые математические модели объектов современной электроэнергетики, которые описывают хаотические режимы.

1. *Хаотические процессы в магнитогидродинамических и лазерных установках.*

Процессы в таких уникальных объектах современной энергетики, каким являются магнитогидродинамические (МГД) генераторы и лазеры, обусловливаются весьма тонкими нелинейными физическими эффектами и имеют достаточно сложные математические модели. Качественное представление об этих процессах дает модель Лоренца, наиболее распространенная в синергетике и теории самоорганизации [7,8].

$$\begin{aligned} x\ t &= \sigma y - \sigma x, \\ y\ t &= -y + rx - xz, \\ z\ t &= -bz + xy, \end{aligned} \qquad (1)$$

здесь σ *и*$r-$ *числа соответственно Прандтля и Рэлея.*

Как известно, модель Лоренца описывает в зависимости от значений управляющего параметра r как устойчивые, так и хаотические процессы в различных физических системах. Согласно методу АКАР [8] для решения сложной задачи управления нелинейными объектами с хаотической динамикой в модель Лоренца можно ввести некоторое воздействие U_1, например, в первое уравнение системы (1):

$$\begin{aligned} x\ t &= \sigma y - \sigma x + U_1 \\ y(t) &= -y + rx - xz \\ z\ t &= -bz + xy \end{aligned} \qquad (2)$$

В общем случае U_1может быть некоторым внешним воздействием. Однако более перспективным является представление $U_1\ x, y, z$ как некоторой внутренней обратной связи, которую можно дополнительно ввести с целью формирования некоторых желаемых процессов. Ставится задача синтезировать такую функцию $U_1\ x, y, z$, которая позволяет придать новые свойства модели (2), например, обеспечить асимптотическую (динамическую) устойчивость стационарных состояний или наделить эту модель (2) новыми типами аттракторов и т.д.

Для решения этой задачи используется метод АКАР [8], основанный на введении некоторой макропеременной $\psi_1\ x, y, z$ и обеспечении асимптотической устойчивости управляемой модели (2) относительно многообразия $\psi_1 = 0$.

Можно в частности, следующим образом построить алгоритм управления объектами с моделью Лоренца [8]. Сначала внешние управления в модели U_1 (2) отключены и выбирается такое значение управляющего параметра r, чтобы возникал требуемый хаотический режим. По истечении определенного времени включается соответствующее управление, что позволяет стабилизировать хаотический объект или технологический процесс относительно заданного устойчивого состояния. В зависимости от выбранной комбинации между внутренним управляющим параметром r и внешним управлением U_1 можно сформулировать желаемое протекание технологического процесса с высокими показателями качества. Аналогично можно построить алгоритмы упорядочивающего управления нелинейными объектами с моделью химических реакций Росслера, электротехнической моделью Чуа, макроэкономической моделью Магницкого и другими моделями современной нелинейной науки.

2. *Хаотические колебания в системах с синхронными машинами.*

Несогласованность параметров отдельных функциональных элементов электроэнергетических систем, резкопеременный характер электрических нагрузок, частые коммутационные явления (включение и отключение линий, трансформаторов и

т.д.) и ряд других причин в условиях существенной нелинейности электромеханических характеристик синхронных машин способствуют возникновению длительных нелинейных колебаний различных режимных параметров систем – углов сдвигов роторов, токов и напряжений статоров, мощностей электрических машин, напряжений на выходе автоматического регулирования возбуждения (АРВ) и т.д. Самовозбуждение, самораскачивание, колебания в асинхронном режиме отдельных синхронных машин ЭМС являются характерными примерами хаотических процессов. При определенных соотношениях параметров элементов систем неустойчивые нелинейные колебания могут локализоваться в некоторых замкнутых областях значений, проявляя при этом хаотический характер.

Например, рассмотрим *хаотические качания неявнополюсной синхронной машины.* Уравнение движения такой идеализированной машины, работающей параллельно с системой неограниченной мощности, без учета процессов в контурах ротора имеет вид [7].

$$\delta + \beta\delta + {\omega_0}^2 \sin\delta = f_0 + a_f \sin\omega t, \quad (3)$$

где $\delta = \delta\ t -$ *угол положения продольной оси ротора машины относительно вектора напряжения шин системы,* $\beta -$ *коэффициент механического и электромеханического демпфирования,* ${\omega_0}^2 -$ *собственная частота малых колебаний нерегулируемой и ненагруженной системой машины,* $f_0 = {\omega_0}^2 sin\,\delta_0 -$ *внешняя сила, определяемая мощностью турбины или двигателя синхронной машины,* $a_f\, sin\,\omega t -$ *внешняя сила, соответствующая приложенным к валу машины колебаниям.*

Уравнение (3) описывает также при некоторой идеализации колебания в системе двух синхронных генераторов, работающих параллельно на общую нагрузку; в системе двух энергосистем, объединенных слабой межсистемной связью; в синхронных двигателях, питающихся от шин неизменного напряжения; в электрической станции, работающей на приемную систему неограниченной мощности.

Известно, что дифференциальными уравнениями вида (3) описывается динамика и других физических систем: неавтономного маятника, ускорителя заряженных частиц, спутника в плоскости круговой орбиты.

3. *Хаотические колебания в цепях с параметронами.*

Параметроны в электроэнергетике и автоматике применяются в качестве устройств, трансформирующих и стабилизирующих напряжения, обеспечивающих гальваническую развязку цепей, защиту от перенапряжений и коротких замыканий, конвертирование однофазного напряжения в трехфазное, фильтрацию сигналов и т.д. Сложный нелинейный характер этих элементов обусловливает возможность возникновения в цепях с параметронами хаотических процессов. В частности, в [9] представлены результаты исследования хаотических колебаний в цепи рис.1, содержащей параметрон с параллельными магнитными потоками. Процессы в такой цепи описываются системой уравнений

$$\begin{aligned} \Phi_+ + \tfrac{1}{8} k_1 \left(\Phi_+^2 + 3\Phi_-^2\right)\Phi_+ - 8u_0 &= \mathrm{A}\sin t \\ \Phi_- + k_2\Phi_- + \tfrac{1}{8}\left(3\Phi_+^2 + \Phi_-^2\right)\Phi_- &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

где Φ_+ и Φ_- *соответствуют сумме и разности магнитных потоков в сердечниках.*

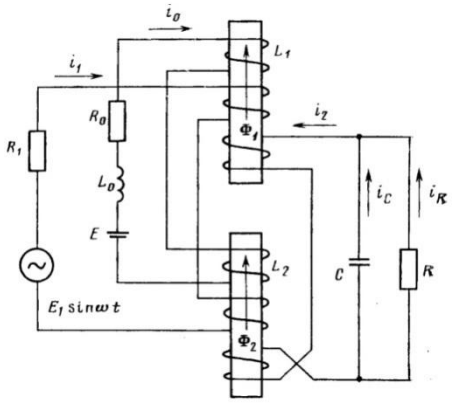


Рис.1

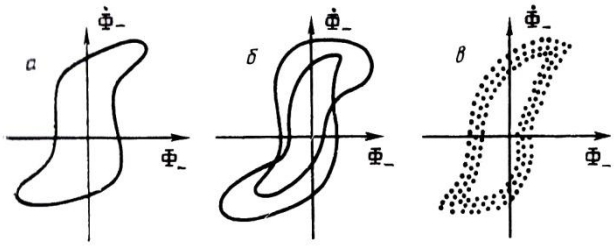


Рис.2

Изменение фазового портрета, иллюстрирующее возникновение странного аттрактора, показано для параметров $k_1 = 0{,}26$ и $k_2 = 0{,}06$ на рис.2 *а, б, в.* Почти такой же системой дифференциальных уравнений описывается простейшая цепь с параметроном с перпендикулярными магнитными потоками, для которой также характерна возможность возникновения хаотических колебаний.

4. *Хаотические колебания в устройствах с ферромагнитными системами.*

Ферромагнитные системы как важный конструктивный элемент дросселей, трансформаторов, двигателей, генераторов и т.д. весьма широко применяются в электротехнике, автоматике, телемеханике и релейной защите. Совместная работа элементов емкостного характера (кабельных линий, конденсаторов или синхронных компенсаторов реактивной мощности, конденсаторов, компенсирующих индуктивные сопротивления линий, симметризаторов и т.д.) и устройств с ферромагнитными системами зачастую приводит к явлениям феррорезонансов. Колебания в окрестностях феррорезонансов могут принять хаотический характер. Процессы изменения магнитного потока в сердечнике катушки индуктивности цепи на рис.3 описываются уравнениями Дуффинга [7]:

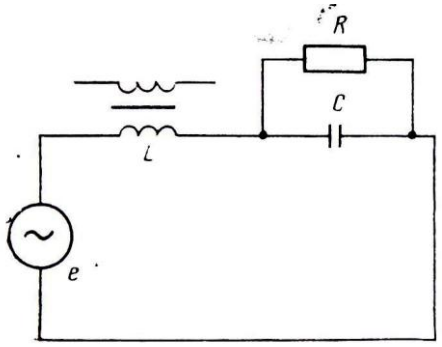


Рис.3

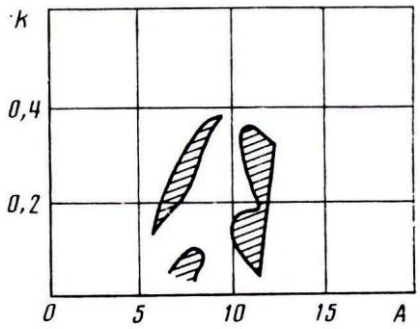


Рис.4

$$\Phi + k\Phi + \Phi^3 = \mathrm{A}\sin t \qquad (5)$$

Согласно исследованиям Хаяси [9], значениям параметра $\mathrm{A} \in (6{,}5 \div 12)$ отвечают неустойчивые решения уравнения (5). Из этой области были выделены подобласти хаотических колебаний, соответствующих странным аттракторам (показаны штриховкой на рис.4). В [9] исследовано возникновение

странного аттрактора для решения уравнения

$$\Phi + k\Phi + \Phi^3 = \mathrm{A}\sin\ \omega t + \alpha\ , \quad (6)$$

описывающего колебания магнитного потока сердечника катушки индуктивности цепи рис.3 в случае, когда он имеет несимметричную характеристику намагничивания или когда существует источник постоянной составляющей магнитного потока.

5. *Перемежающаяся дуга в электрических сетях.*

Перемежаемостью называют режим чередования во времени почти нерегулярных колебаний (ламинарная фаза) с интервалами хаотического поведения (турбулентная фаза), наблюдающийся сразу с порогом возникновения хаоса [4].

Перемежающаяся дуга при дуговых замыканиях в сетях с изолированной нейтралью приводит к значительным перенапряжениям сети. Для изучения электрических процессов при дуговых замыканиях (фаза, земля), в частности, с целью выявления возможных перенапряжений и исследования поведения перемежающейся дуги, принимают некоторую модель дугового замыкания в соответствующих схемах замещения электрической сети. Электрическая дуга в схемах замещения рассматривается как нелинейный элемент, характеризующийся электродинамическими параметрами.

Для моделирования дуги в электрической схеме замещения необходимо учитывать динамическую вольтамперную характеристику дуги (ДВАХ), которая имеет место при переменном токе (рис.5, а). Сложные процессы ионизации в разрядном пространстве приводят к нелинейной зависимости между током и напряжением.

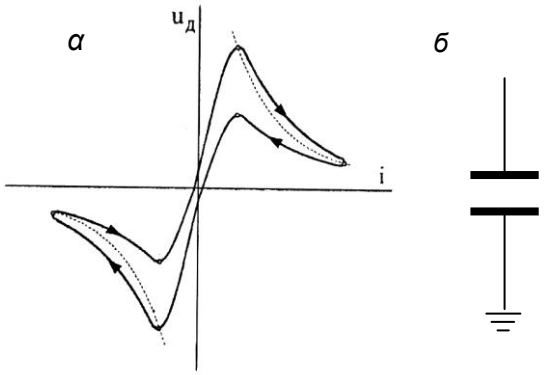


Рис.5

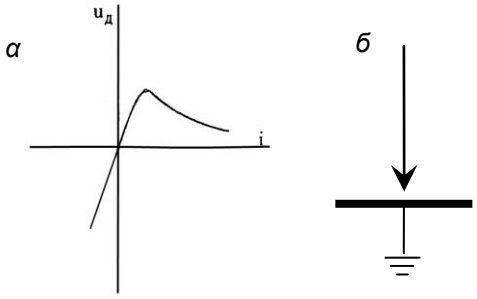


Рис.6

Динамическая вольтамперная характеристика принимается симметричной,если электроды (фаза-земля) одинаковы (рис.5, б). Однако во многих случаях при некотором расстоянии между проводом фазы и землей (или заземленным токопроводящим предметом, на который произошло замыкание) заземляющая дуга горит неустойчиво, хаотически погасая и вновь зажигаясь, в основном, между неодинаковыми электродами.

Эти электроды корректнее представлять в виде системы «игла – плоскость» (фаза – земля) (рис.6, б), следовательно, при моделировании перемежающейся дуги следует воспользоваться ДВАХ, соответствующей характеристике несимметричных электродов (рис.6, а) [10].

Одна из математических моделей ДВАХ - дуги может быть записана в виде [11]

$$u_{д}\ i_{д}\ = U\ \ A_0\ \ 1 - exp\ \ -\alpha\ i_{д}/I_m$$

$$+\ B\ \ A_1/\ \ i_{д}/qI_m + qI_m/i_{д}\ \ + A_2/\ \ \ i_{д}/I_m - 1\ \ \ \sin(\pi k i_{д}/I_m$$

где $u_{д}-$ *текущее значение напряжения дуги;*$A_0, A_1, A_2, q -$ *коэффициенты аппроксимации, значения которых изменяются во времени по случайному закону;*$B -$ *коэффициент, значение которого равно единице при изменении тока дуги от нуля до амплитудного значения, и нулю при уменьшении этого тока от амплитудного значения до нуля;* $I_m -$ *амплитудное значение тока дуги для данного цикла плавки (как правило, это наибольший ток, соответствующий данному периоду плавки);*$i_{д} -$ *текущее значениетока дуги;* $k -$ *коэффициент, принимающий значения 0, 1, 2, 3;* $\alpha -$*коэффициент аппроксимации, значение которого определяется по методу наименьших квадратов на основании данных, полученных для реальных ДВАХ - дуг.*

В данной статье хаотические процессы рассмотрены применительно только к объектам с детерминированными параметрами. В реальной ситуации влияние на объекты электроэнергетики сопредельных устройств и внешней среды носит во многом хаотический характер, что в ещё большей мере способствует возникновению подобных процессов.

Вывод. Хаотические процессы достаточно распространены в целом на практике в системах электроэнергетики, в особенности автономных и слабосвязаных. Их локализация в ограниченных областях режимных параметров, самоорганизация и самоподдерживание (т.е. устойчивость в некотором новом «хаотическом» смысле) не противоречат представлениям об условиях работоспособности систем, позволяют говорить о хаотических режимах и поставить вопрос о пересмотре традиционных для электроэнергетики представлений об устойчивости.

Для эффективного управления, обеспечивающего, по крайней мере, сохранение асимптотической (динамической) устойчивости ЭМС, необходимо рассматривать нелинейные модели энергообъектов и проводить синтез и проектирование систем управления методами, которые в наиболее полной мере позволяют учесть явления взаимосвязанности и нелинейности процессов в энергообъектах.

Литература

1. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. – М.: Наука. 1984г. – 270 с.
2. Апышев Д.А., Бакасова А.Б. Нелинейности в электроэнергетике. – Б., 2003.
3. Мигулин В. В., Медведев В. И., Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Основы теории колебаний. Под ред. Мигулина В. В.. Изд. второе. – М .: Наука. 1988г. – 300 с.
4. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е. и др. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах.
5. Шаршеналиев Ж., Бакасова А.Б. О некоторых основах системного анализа динамических систем методом синергетического управления. – Бишкек: Известия НАН КР, Илим, 2011, №2.
6. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. Таганрог: ТРТУ, – М.: Энергоатомиздат, 1994г. – 344с.
7. Демирчян К.С., Бутырин П.А., Савицкий А. Стохастические режимы в элементах и системах электроэнергетики. – М.: Электричество, №31987г. – с.3-16.

8. Под общей редакцией Колесникова А.А. Синергетические методы управления сложными системами: Механические и электромеханические системы. – М.: КомКнига, 2006 – 304с.
9. Хаяси Т. Нелинейные колебания в физических системах. – М.: «Мир», 1968г. – 432 с.
10. Сатаркулов К.А., Исакеева Э.Б. Гипотеза о природе возникновения перемежающегося дугового замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.- Бишкек: Проблемы автоматики и управления: Докл. II Межд. конферен.,2007.
11. Гудым В.И. Моделирование динамических вольтамперных характеристик дуг переменного тока. Энергетика, 1988г. - №4.

УДК 621.311.21+621.22(075.8)

О ЗАПАСАХ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КЫРГЫЗСТАНА И ПРОГНОЗ ДО 2100 ГОДА

Маматканов Д.М., Липкин В.И.
Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР

Даны общие расходы воды рек Кыргызстана. Приведены валовые, технические, экономические и гарантированные гидротехнические потенциалы рек Кыргызстана по электроэнергии и мощности. Показаны изменения гидротехнических потенциалов при изменении климата и росте ВВП до 2100 года.

Common water discharge on Kyrgyzstan's rivers are given. Gross, technical, economic and guaranteed hydrotechnical potentials of Kyrgyzstan's rivers on electricity and power are adduced. The changes of hydrotechnical potentials under climate change and the growth of GDP until 2100 are shown.

По территории Кыргызстана протекают более 25 тысяч ручьев и рек, из которых длиной более 50 км – 73 реки. Большинство рек имеют длину до 50 км и ручьи – до 10 км.

Общая протяженность всех рек - более 500 тыс. км. Реки начинаются около водоразделов горных хребтов и стекают в предгорные и равнинные зоны.

Основной гидроэнергетический ресурс Кыргызстана составляет сток рек, которые начинаются на территории Кыргызстана.

Общий сток всех рек Кыргызстана в 2000 году составлял 48,6 млрд. куб.м [1]. При этом среднегодовой расход равен 1531 куб. м / с.

Среднемноголетний сток главной в Кыргызстане реки Нарын в период с 1910 по 1974 годы в створе у села Алексеевки составлял 11,4 млрд. куб. м. С 1975 г., когда была введена Токтогульская ГЭС, по 2010 г. средний многолетний сток реки Нарын увеличился и составлял в створе у села Уч Терек - 12,6 млрд. куб. м.

Средний годовой объём выпуска воды из Токтогульского водохранилища в период с 1975 по 1992 годы составлял 10,7 млрд. куб. м, из которых 7,7 млрд. куб. м выпускались в вегетационный период для нужд ирригации. На выработку электроэнергии в холодный период приходилось только 3 млрд. куб. м. С 1995 года воду Токтогульского водохранилища начали использовать в энергетическом режиме – при среднегодовом выпуске до 14 млрд. куб. м на холодный период года приходилось более 8 млрд. куб. м.

Гидроэнергетические ресурсы малых рек Кыргызстана со средними многолетними расходами воды от 0,3 до 50 куб. м / с, по данным КНТЦ «Энергия», представлены в таблице 1.

Таблица 1. Мощность, энергия и технический потенциал малых рек по областям

Области	Потенциальная энергетическая мощность, тыс. кВт	Теоретическая потенциальная энергия, млн. кВт-ч	Технически приемлемый потенциал, млн. кВт-ч
Чуйская	640	5545	500
Иссык-Кульская	2005	17390	1700
Таласская	354	3104	320
Нарынская	2032	1778	1600
Ошская	2641	2320	2300
Жалал-Абадская	1728	15045	1600
Всего	9400	82072	8020

Валовые (теоретические), технические и экономические гидроэнергетические потенциалы Кыргызстана были определены Академией наук Киргизсой ССР в 1960 г. Академией наук СССР в 1967 г. проведено уточнение гидроэнергетических потенциалов Кыргызстана. В 1983-1985 г.г. КирНИОЭ разработал тематическую карту « Гидроэнергетика Киргизской ССР ». Институтом водных проблем и гидроэнергетики Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИВПиГЭ НАН КР) были уточнены основные показатели гидроэнергетических ресурсов рек Кыргызстана и представлены в таблице 2.

Таблица 2. Гидроэнергетический потенциал Кыргызской Республики

Организация	Учтённые реки, шт.	Гидроэнергетический потенциал					
		Валовый		Технический		Экономический	
		Мощность, млн. кВт	Энергия, млрд. кВт-ч/г	Мощность, млн. кВт	Энергия, млрд. кВт-ч/г	Мощность, млн. кВт	Энергия, млрд. кВт-ч/г
АН Кир. ССР, 1960 г.	180	14,9	130,3	-	-	-	-
АН СССР, 1967 г.	236	16,3	142,5	8,3	72,9	5,5	48,0
КирНИОЭ, 1986 г.	252	18,6	162,5	11,3	99,2	6,3	55,2
ИВПиГЭ НАН КР, 2001	**267**	**28,0**	**245,6**	**15,1**	**132,6**	**7,5**	**60,0**

Валовый гидроэнергетический потенциал реки **Prв** определяется без учета потерь как суммарная мощность **всех** участков реки по известным формулам.

Технический гидроэнергетический потенциал реки **Pr т** определяется как суммарная мощность отдельных, **выбранных** для размещения ГЭС участков реки с учетом неизбежных потерь: на испарение из водохранилищ и на инфильтрацию в дно водохранилища; на гидравлические потери в водоводах; на механические и электрические потери в электромеханическом оборудовании. Верховья рек и приустьевые участки рек также не могу быть использованы для определения технического гидроэнергетического потенциала реки.

Экономический гидроэнергетический потенциал является частью технического гидроэнергетического потенциала. Он зависит от величины расхода воды, изученности реки, обеспеченности рассматриваемого региона электроэнергией, энергетическим топливом и от дру-

гих факторов. Для рек Средней Азии и Южного Казахстана экономический гидроэнергетический потенциал составляет менее 25 % [2] от валового гидроэнергетического потенциала .

Средние годовые значения экономического гидроэнергетического потенциала (млрд. кВт-ч / год) по бассейнам Кыргызстана [3] для прогнозируемых климатических изменений при наибольшем превышении температуры T = 6,4 ^{0} C и уменьшении осадков m = 0,9, по сравнению с базовыми, представлены в

Таблица 3. Экономические гидроэнергетические потенциалы бассейнов рек и некоторых рек Кыргызстана

Год	**КР, всего**	**Экономический гидроэнергопотенциал, млрд. кВт-ч / год, T = 6,4 ^{0}C; m = 0,9**									
		Иссык-Куль	**Чу**	**Талас**	**Кызылсу**	**Тарим**	**Сырдарья всего**	**Нарын**	**Фергана Север**	**Фергана Юг**	**Карадарья**
1970	58,64	3,52	4,31	2,42	1,79	9,60	37,32	24,39	3,01	4,03	6,44
2000	57,76	3,40	4,23	2,39	1,74	9,16	37,18	24,22	3,13	3,91	6,53
2010	59,84	3,58	4,40	2,44	1,87	9,79	38,08	24,77	3,07	4,16	6,60
2020	60,39	3,62	4,65	2,43	1,94	10,14	38,12	24,74	3,04	4,29	6,54
2030	59,14	3,53	4,34	2,36	1,93	10,05	37,18	24,04	2,96	4,26	6,39
2040	56,17	2,68	4,08	2,23	1,88	9,53	35,33	22,68	2,82	4,07	6,13
2050	52,02	3,11	3,76	2,07	1,76	8,75	32,82	20,88	2,66	3,76	5,80
2060	47,40	2,84	3,40	1,89	1,62	7,83	30,11	18,94	2,46	3,43	5,43
2070	42,60	2,55	3,08	2,18	1,47	7,06	27,20	16,85	2,26	3,09	5,05
2080	38,17	2,29	2,79	1,56	1,34	5,97	24,50	14,99	2,06	2,79	4,64
2090	34,04	2,02	2,52	1,40	1,19	5,23	21,95	13,38	1,84	2,45	4,21
2100	30,00	1,78	2,23	1,25	1,03	4,49	19,47	11,82	1,65	2,17	3,76

По предварительным оценкам действующие и будущие ГЭС в Кыргызстане могут выработать в 2100 году до 30 млрд. кВт-ч электроэнергии.

Гарантированный гидроэнергетический потенциал определяется при 90 - 95 % обеспеченности расхода воды и может быть до 15 % от валового гидроэнергетического потенциала.

Гидроэнергетические потенциалы по мощности по бассейнам рек и основным водотокам Кыргызстана для 2000 и 2100 г.г. представлены в таблице 4. Валовый, экономический и гарантированный гидроэнергетические потенциалы 2100 года определены по мощности для условий – превышение температуры на 6,4 ^{0} C и уменьшение осадков до m = 0,9.

Таблица 4. Гидроэнергетические потенциалы по мощности основных рек и бассейнов рек Кыргызстана.

БАССЕЙН Река	**Гидроэнергетический потенциал по мощности, тыс. кВт**						
	Атлас, 1987 г.		ИВПГЭ, 2000 г.		**Прогноз, 2100 г.**		
	Валовый	Технический	Валовый	Экономичес.	Валовый	Экономичес.	Гарантирован
НАРЫН, всего	6 799	3 620	10 117	3 136	4 937	1 626	1089

ФЕРГАНСКАЯ ДОЛИНА, всего	3 523	1 890	11 033	857	5 958	1 489	997
ЧУ, всего	1 186	625	1 551	310	815	204	137
САРЫ-ДЖАЗ	1 020	545	1 472	515	722	181	120
ЧАТКАЛ	757	405	2 063	557	1093	273	182
КЫЗЫЛ СУ	528	283	977	195	564	141	94
АК САЙ	378	202	185	65	92	23	15
ТАЛАС	564	302	700	189	365	91	60
ОЗЕРО ИССЫК-КУЛЬ	745	408	1 528	412	799	200	134
КР , всего	15 500	8 272	28 040	7 570	14 048	3 512	2 353

Экономический гидроэнергопотенциал по мощности, определенный для условий – превышение температуры T = 6,4 ^{0}C; влажность m = 0,9, в 2100 году будет составлять 3512 тыс. кВт, что соответствует 50 % от современного экономического гидроэнергопотенциала.

Гидроэнергопотенциалы рек Кыргызстана при изменении климата и потребность электроэнергии при росте ВВП 4% и от 4 % до 2% показаны на рисунке.

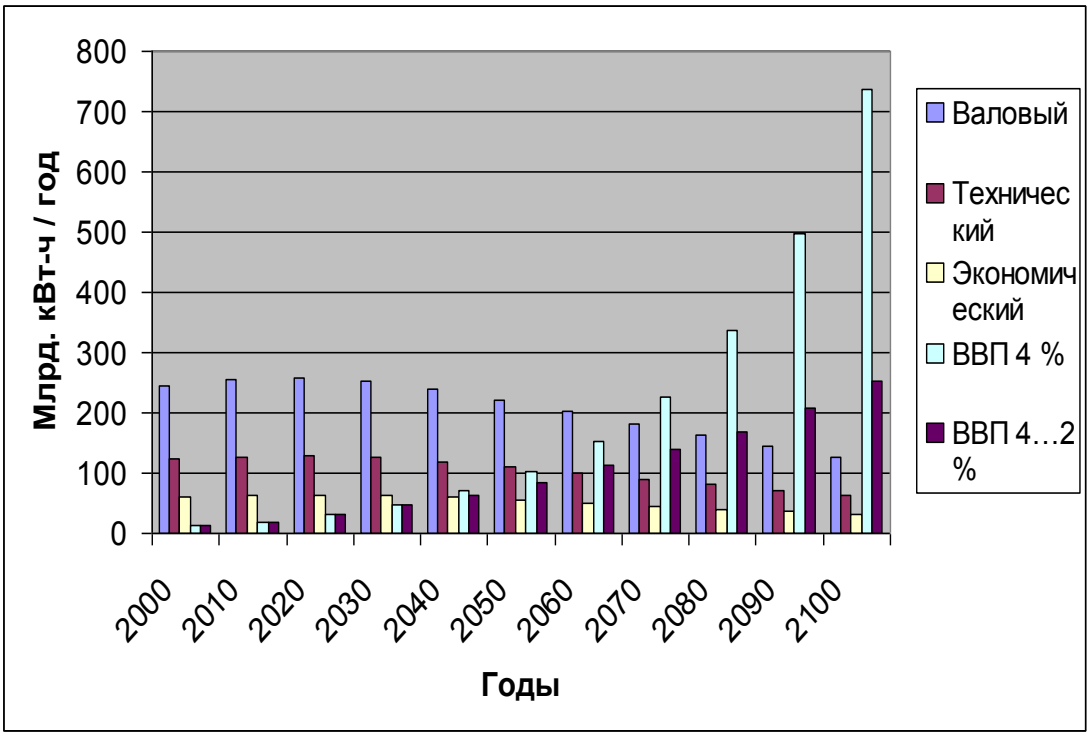


Рис. Гидроэнергопотенциалы рек Кыргызстана при изменении климата и потребность электроэнергии при росте ВВП.

Правительство Кыргызской Республики, принимая решения по гидроэнергетике, должно считать не валовый – 142 млрд. кВт-ч в год или уточненные ИВПГ НАН КР 246 млрд. кВт-ч в год, а экономический гидроэнергетический потенциал, который в 4…6 раз меньше валового.

Из 60 млрд. кВт-ч в год экономического гидроэнергетического потенциала в настоящее время уже используется около 20 млрд. кВт-ч в год, при выработке на действующих ГЭС Кыргызстана от 10 до 14 млрд. кВт-ч в год электроэнергии.

Литература

1. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыр-

гызстана на современном этапе.- Бишкек: Илим, 2006.-276 с.
2. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР / Под ред. П.С. Непорожнего. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 520 с.

УДК 621.39(075.8)

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 кВ

Кадыркулов С.С. , Жусубалиева Б.К.
КГТУ им. И.Раззакова
Хожин Г.Х.
Алматинский институт энергетики и связи, г. Алматы

Изложена методика расчетного определения потерь энергии и напряжения в ВЛ 10 кВ с использованием данных замеров максимума нагрузки.

The technique of settlement definition of losses of energy and tension in HVL of 10 kV with use of these measurements of a maximum of loading is stated

В нагрузке сельских сетей 0,38-10 кВ всех распределительных электрокомпаний Кыргызстана подавляющую часть составляет электроотопление, пищеварение и горячее водоснабжение, от тока нагрузки которых происходит основная доля потерь мощности (энергии) и возникают напряжения в линии.

Методику определения этих потерь покажем на примере действующего фидера 10 кВ, схема которого приведена на рис. 1. Общая длина фидера 56,8 км, в том числе суммарная длина отпаек 35,8 км, а длина магистральной части ВЛ – 21 км, Суммарная нагрузка 2420 кВА. Каждая ТП питает определенное количество индивидуальных домов с электроотоплением.

В табл.1 приведены результаты замеров нагрузок всех ТП фидера, выполненные в режиме максимума нагрузки отопительного периода.

Таблица 1

№ТП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество абонентов	13	17	15	21	18	16	23	14	23	19	25
$S_{ТПi}$ кВА	150	195	175	240	210	200	285	170	290	220	285

Мощности нагрузки и значения токов участков фидера 10 кВ с использованием результатов замеров из табл. 1 определяем по выражениям:

$$P_{уч.i}=K_{оз}\sum P_{тп\ за\ i}\ ,\ S_{уч\ i}=P_{уч\ i}/cos\varphi\ ,\ \ I_{уч\ i}=S_{уч\ i}/\sqrt{3}\cdot U_{н} \qquad (1)$$

где $K_{оз}$ – коэффициент одновременности для суммирования нагрузок ТП [1], зависит от количества ТП (табл. 2).

$\sum P_{тп\ за\ I}$ – нагрузки ТП, находящиеся ниже же рассматриваемого *i*-го участка фидера;

cosφ=0,93 – коэффициент мощности;

$S_{уч\ I}$ – полная мощность.

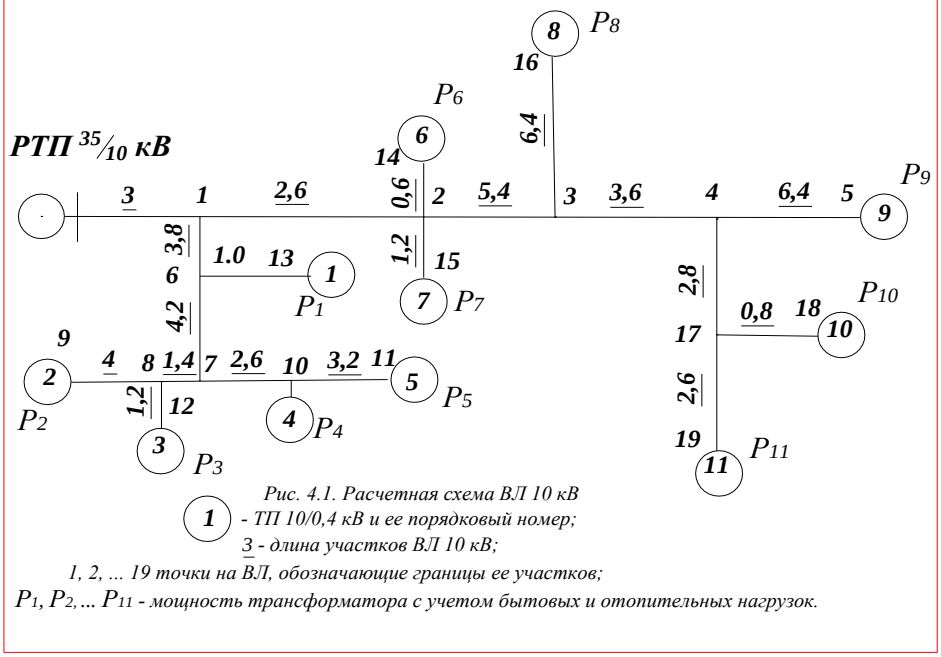


Рис. 4.1. Расчетная схема ВЛ 10 кВ
1 - ТП 10/0,4 кВ и ее порядковый номер;
3 - длина участков ВЛ 10 кВ;
1, 2, ... 19 точки на ВЛ, обозначающие границы ее участков;
$P_1, P_2, ... P_{11}$ - мощность трансформатора с учетом бытовых и отопительных нагрузок.

Таблица 2

Значения коэффициента одновременности для суммирования нагрузок ТП

	Число ТП					
	2	3	5	10	20	25 и более
K_o	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Результаты расчетов мощности и токов нагрузок участков фидера, определенные по выражениям (1), сведены в табл. 3

Таблица 3

Участки	Значения $P_{расч}$, кВт; $S_{расч}$, кВа для участков								
	17-19	17-18	4-5	4-17	3-4	3-16	2-3	2-14	2-15
$S_{расч}$, кВА	285	220	290	454,5	675,8	170	791,3	200	285
I_{max}, А	16,50	12,70	16,8	26,3	39	9,82	45,76	15,6	16,5
	Значения $P_{расч}$, кВт; $S_{расч}$, кВа; I_{max}, А для участков								
	1-2	10-11	7-10	8-9	8-12	7-8	6-7	1-6	РТП-1
$S_{расч}$, кВА	1131	210	405	195	175	333	713,4	776	1815
I_{max}, А	65,4	12,14	23,4	11,29	10,1	19,25	41,24	44,85	10,5

Далее для каждого участка фидера 10 кВ определяем годовые потери энергии. Для *i*-го участка потери энергии находятся по выражению:

$$\Delta W_i = 3\, I^2_{max.i} \cdot r_o \cdot l_i \, \tau \cdot 10^{-3}, \text{ кВтч}, \qquad (2)$$

где $I_{max.i}$ – ток нагрузки на *i*-ом участке в режиме максимума;

r_o – удельное сопротивление провода ВЛ, для провода АС-50 r_o=0,61 Ом/км;

l_i – длина *i*-го участка ВЛ 10 кВ;

τ – время наибольших потерь, согласно [1] τ = 1900 ч.

Годовые потери $\Delta W_{год}$ по фидеру находятся как: $$\Delta W_{год} = \sum_{i=1}^{m} \Delta W_i ,$$

Где m – количество участков фидера (см. рис. 1.)

Для иллюстрации покажем расчет потерь энергии на участке 3-4 (см. рис. 1.) Значения I_{max} и l_{3-4} берем из табл. 4.3

$\Delta W_{3-4}=3\ (39,3)^2 \cdot 0,61 \cdot 3,6 \cdot 1900 \cdot 10^{-3}=19349,4$ кВтч.

Результаты расчетов ΔW_i сведены в табл. 4.

Таблица 4

Потери энергии на участках фидера 10 кВ

Длина	Участки фидера								
	17-19	17-18	4-5	4-17	3-4	3-16	2-3	2-14	2-15
l_j км	2,6	0,8	6,4	2,8	3,6	6,4	5,4	0,6	1,2
ΔW_j кВтч	2479,5	448,64	6280,63	6400,46	19349,4	2147,7	39350,0	508,13	1136,91
Участки фидера									
	1-2	10-11	7-10	8-9	8-12	7-8	6-7	1-6	РТП-1
l_j км	2,6	3,2	2,6	4	1,2	1,4	4,2	3,8	3
$\Delta W_{j,}$ кВтч	38700,74	1641,22	4954,3	1774,5	426,0	1805,38	24856,0	26600,4	115101

Таким образом, объем годовых потерь электроэнергии по фидеру 10 кВ, рассчитанные по данным замеров (табл.1), составляет 293,95 тыс. кВтч.

Оценку потерь напряжения в линии фидера 10 кВ и определение его уровня в узловых точках сети (точки 1,2,3,4,5,6,7,17,19 схемы (рис.1) начинаем выполнять с головного участка фидера. При этом напряжение на шинах РТП 35/10 кВ принимаем равным 10,5 кВ. 1, а значение напряжения в точке 1 U_1 определяем с учетом его падения на предыдущем участке как разности U_1=(10,5 - $\Delta U_{ртп-1}$) кВ, где $\Delta U_{\text{ртп-1,}}$ - рассчитанное падение напряжения на участке РТП-1. Аналогичный учет потери ΔU ведем для каждого последующего участка. Например, уровень напряжения в точке 3 определяем как U_3=(U_2 - $\Delta U_{2\text{-}3}$) кВ, где U_2 - расчетное значение напряжения в точке 2, полученное с учетом потери напряжения на предыдущем участке 1-2.

Для выполнения расчета воспользуемся методикой [14], где рекомендуется вести расчет с помощью номограммы удельных потерь напряжения в ВЛ 10 кВ с учетом сечения проводов. При этом потеря напряжения в % от фактического значения напряжения в начале участка определяется как $\Delta U_{\%}=\Delta U_{уд} \cdot S_{расч} \cdot l_y$, (3)

где $\Delta U_{уд}$ – удельные потери напряжения для алюминиевых проводов конкретного сечения из номограммы [2];

$S_{расч}$ – расчетная нагрузка участка фидера 10 кВ (из табл. 3).

l – длина участка фидера (из рис. 1).

Покажем определение потери напряжения на примере участка РТП-1 для провода АС-50 по формуле (3). Для АС-50 при cosφ=0,93

$\Delta U_{уд}\% = 0.675 \cdot 10^{-3}$

$\Delta U_{\text{ртп-1}}\% = 0,675 \cdot 10^{-3} \cdot 1815 \cdot 3 = 3,68\%$

$\Delta U_{\text{ртп-1}}=U_н \cdot 0,035=10,5 \cdot 0,030=0,381$ кВ

Следовательно, напряжение в точке 1 фидера U_1=10,5-0,386=10,11 кВ.

Аналогично определены значения потерь в процентах и в кВ. Результаты расчетов сведены в табл. 5.

Отметим, что для всех участков фидера величина удельных потерь напряжения $\Delta U_{уд}\%$ будет одинаковой и равной $0,675 \cdot 10^{-3}$, так как одинаковы сечения проводов.

Таблица 5

Показатели	Расчетная точка на схеме фидера								
	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Длина участка в км	3,0	2,6	5,4	3,6	6,4	3,8	4,2	5,4	2,6
$S_{уч}$, кВА	1805	1012	764	645	264,52	757	674	239	402
U в расч. точке, кВ	10,1	9,9	9,6	9,42	8,67	9,9	9,63	9,0	9,05

Продолжение таблицы .5

Показатели	Расчетная точка на схеме фидера				
	11	16	17	18	19
Длина участка в км	3,2	6,4	2,8	0,8	2,6
$S_{уч}$, кВА	204	161,3	445,0	215,0	279,6
U в расч. точке, кВ	9,0	9,08	8,9	8,6	8,4

Из расчетов (табл. 5) видно, что при существующих нагрузках потери напряжения во всех контрольных точках фидера, включая вводы 10 кВ ТП, имеет место пониженное напряжение, а в точках 9,10,11,16,17,18,19 уровень снижения напряжения составляет 8-13%, что недопустимо согласно [28].

Литература

1.Будзко И.А. Зуль Н.М**.** Электроснабжение сельского хозяйства. М.: Аг - ропромиздат, 1990.
2.Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование – 3-е изд., перераб. и доп.. М.: Агропромиздат, 1990 .

УДК:. 621.316.8 – 027.45.001.63

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО РЕЗИСТОРА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ж.С. Иманакунова
КГТУ им. И. Раззакова

Приводится сравнительный анализ конструкций силовых резисторов с точки зрения их надежности и их оценка на этапе проектирования

Comparative analysis of decisions of power resistors from the point of view of their reliability end their assessment of a design stage is provided.

Введение. Исторически сложилось так, что первые российские нормативные документы в области количественного вероятностного анализа надежности энергетических установок их систем были разработаны в области ядерных энергетических установок (ЯЭУ).

Дальнейшее развитие методов количественного анализа надежности ЯЭУ показало, что многие исходные положения и основные математические методы обоснования надежности установок, их систем и элементов, используемые в практике ядерной энергетики, в значительной мере годятся и для обычных энергетических установок, их составных частей и элементов [1]. В данной работе при анализе надежности силовых резисторов (СР) использованы эти методы.

Цель работы. Обоснования надежности силовых резисторов усовершенствованной конструкции.

Метод исследования. СР находят все более широкое применение в электротехнике и электроэнергетике. Они выполняют ответственные функции защиты, управления и регулирования [2]. Недостатком существующих силовых резисторов является то, что они в силу своих конструктивных особенностей (рис.1а), имеют нерегулируемые величину сопротивления.

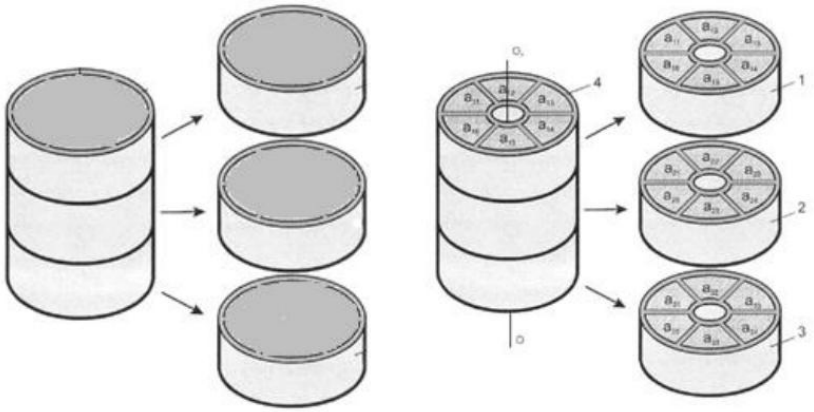


Рис. 1. Резистивные элементы силовых резисторов:
а) галетный РЭ [2]; б) дисковый РЭ [3]

Предложенная в работе [3] конструкция силового резистора (рис.1 б) позволяет получить устройство с управляемыми значениями электрического сопротивления. Возможность управления связана с много - вариантностью расположения активных частей a_{ij} (4) резистивных дисков (1, 2, 3). Изменение вариантов расположения активных частей a_{ij}, торцы которых для надежного электрического контакта металлизированы алюминием, реализуется путем вращения дисков вокруг их оси OO_1. Каждая из активных частей a_{ij} резистора имеет различное электрическое сопротивление и изготовлена из термо – и нагревостойких композиционных материалов, которые заключены также в механически прочную нагревостойкую диэлектрическую оболочку.

Так как, по силовым резисторам рассмотренной конструкции, отсутствуют статистических данных о показателях надежности, мы их можем количественно оценит косвенным способом (заключающиеся в оценке показателей надежности СРУК исходя из его структурной схемы и надежности составляющих ее элементов). Следуя [1] управления надежностью СРУК на этапе проектирования можно представить в виде следующей схемы (рис.2).

На этапе проектирования звено 1 «оценка» представляет собой выполнение прогнозного расчета надежности СР, в этом звене последовательно выполняются три типа задач: 1.1. Выбор номенклатуры показателей надежности; 1.2. Сбор необходимых для их прогнозной оценки исходных данных, в частности, по надежности составляющих элементов аналогов изделия и его составных частей; 1.3. Оценка надежности в результате структурного количественного анализа надежности СР при заданных показателях надежности составляющих элементов, их функциональных связях, режимах использования.



Рис. 2. Схема управления надежностью СР на этапе проектирования

В звене 2 «контроль» реализует специальная математическая процедура проверки о соответствии прогнозируемой оценки надежности изделия предъявляемым количественным требованиям (нормам) с учетом того, что оценка объективно неточная. Следует отметить что для этого звена предварительно решается задача 2.1 сущность которого заключается в установлении нормы и количественного требования к надежности изделия.

В звене 3 анализируется факторы и пути целенаправленного изменения надежности. В частности, выполняется количественный анализ надёжности возможных вариантов изделия, отличающихся от исходного структурными (например, резервированием) или конструктивными (новые материалы, технология, принципы действия) изменениями. Для этого сначала выявляется и формируется предпочтительный ряд таких вариантов. Результаты по данному звену служат основной исходной информацией для звена 4.

Результаты обсуждения. Проведем сравнительный анализ надежности силовых резисторов (рис.1).

Чтобы получить представительную информацию о надежности СР необходимо обследовать достаточно большое их количество за длительный промежуток времени. В реальных условиях это вызывает определенные трудности, поэтому ускоренные испытания на надежность можно осуществить с помощью математического моделирования.

Моделью надежности для совокупности взаимосвязанных элементов (таких, как для СР, показанных на рис.1а) является простейшая схема с точки зрения теории надежности, схема когда отказ одного элемента вызывает отказ всей системы, но не изменяет надежность других элементов (рис. 3). Такая структура в теории надежности представляется ***последовательным соединением элементов*** [4] .

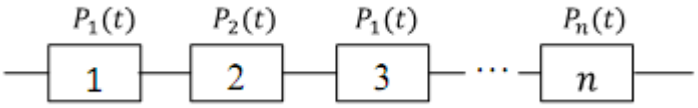


Рис. 3. Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов

Вероятность безотказной работы такой системы определяется как вероятность безотказной работы всех элементов в течение времени t [4]:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \ldots \cdot P_n(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t),$$

где $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Выразив $P_i(t)$ через параметр потока отказов, получим

$$P(t) = exp\left[-\int_0^t \omega(x)dx\right] =$$

$$= \prod_{i=1}^{n} exp\left[-\int_0^t \omega_i(x)dx\right] = exp\left[-\sum_{i=1}^{n}\int_0^t \omega_i(x)dx\right],$$

откуда

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^{n} \omega_i(t).$$

Структурой с ***параллельным соединением*** [4] элементов (рис. 4) моделируется силовой резистор (рис. 1б) в общем случае из n элементов, в которой для нормальной работы необходимо r элементов, а $(n-r)$ элементов являются резервными.

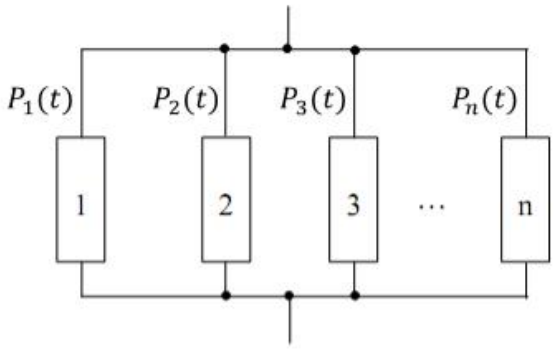


Рис. 4. Структурная схема надежности СР усовершенствованной конструкции

Пока число резервных элементов превышает число отказавших, система работоспособна. Таким образом, условие отказа имеет вид:

$$m - 1 = n - r.$$

Вероятность отказа СР определяется как вероятность совпадения отказов $m = (n - r + 1)$ элементов в течение расчетного времени.

Если отказы одного элемента независимы от отказов других элементов, то формулы для оценки вероятности безотказной работы или вероятности отказа СР можно получить, сформировав сумму произведений вероятностей $Q_i(t)$ и $P_i(t)$ на основе произведения n биномов $[P_i(t) + Q_i(t)] = 1$, [4]:

$$\prod_{i=1}^{n}[P_i(t) + Q_i(t)] = [P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \ldots \cdot P_n(t)] +$$

$$+[Q_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \ldots \cdot P_n(t)] + \cdots + [Q_1(t) \cdot Q_2(t) \cdot \ldots \cdot Q_n(t)]$$

Выбрав из этой суммы члены со значением $Q_i(t) \geq m$, можно сформировать из них выражение для вероятности отказа. Выбрав же члены со значением $Q_i(t) < m$, можно сформировать из них выражение для вероятности безотказной работы силового резистора.

При условии равной надежности элементов получим: (4)

$$Q(t) = \sum_{k=r}^{n} C_n^k P^{n-k}(k) Q^k(t)$$

$$Q(t) = \sum_{k=r}^{n} C_n^k P^k(k) Q^{n-k}(t),$$

где $C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!k!}$.

Выводы. Более высокая надежность силового резистора усовершенствованной конструкции будет соблюдаться при условии взаимонезависимости отказов элементов и если при изменении числа находящихся в работе элементов не наблюдается их значительной перегрузки. Таким образом, СР с параллельным соединением элементов является ***резервированной системой***, т.е. отказ одного или нескольких элементов не вызывает отказа всей системы. Рассмотренное резервирование является постоянным, так как в работе постоянно находятся все элементы, и СР не отказывают до выхода из строя определенного их числа.

Литература

1. Клемин А. И. Надежность ядерных энергетических установок: Основы расчета. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 34 с.: ил.
2. Врублевский Л. Е., Зайцев Ю.В., Тихонов А. И. Силовые резисторы – М.: Энергоатомиздат, 1991, – 256 с.: ил.
3. Патент КР № 1030. Силовой резистор с управляемой вольтамперной характеристикой и величиной сопротивления / К.А. Сатаркулов и др. // 2008.
4. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение». – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006.

УДК.: 001.891: 620.1.05202: 621.3011.2

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНО-ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В НЕЙТРАЛИ

Жанқуанышев М. Қ.
Павлодарский государственный университет, Казахстан

В статье представлено техническое сравнение двух вариантов схемных решений, позволяющих обеспечить надежную и селективную работу защит от однофазного замыкания на землю, минимальный уровень перенапряжении при дуговых замыканиях и электробезопасность при касании заземленного оборудования.

This article presents technical comparison of two variants of the circuit decisions, auowing to provide reliable and selective work of protection from of single-phase ground fault, a minimum level an overstrain at arc short circuits and an electrosecurity at a contract of the earthed equipment.

В качестве вариантов схемных решений, позволяющих обеспечить надежную и селективную работу защит от ОЗЗ, минимальный уровень перенапряжении при дуговых замыканиях и электробезопасность при касании заземленного оборудования, могут быть предложены:

1) параллельное соединение резистора нейтрали и ДГР;

2) последовательное включение резисторных модулей и ДГР.

Параллельное соединение может быть более предпочтительно, если конструкция ДГР позволяет изменять его индуктивный ток настройки (например, так называемые реакторы плунжерного типа). При этом активная и индуктивная составляющие тока замыкания на землю не зависят друг от друга и определяются подбором параметров $\boldsymbol{R_N}$ и $\boldsymbol{X_L}$.

Однако этот вариант активно-индуктивного заземления нейтрали требует одновременного регулирования номиналов резисторов и индуктивности ДГР, что технически невозможно из-за ограниченного быстродействия автоматических систем подстройки индуктивности реактора. Последнее обстоятельство может привести к потере работоспособности защит от ОЗЗ направленного принципа действия при скачкообразном изменении емкости сети, вызванном коммутациями отходящих линий.

Действительно, если вектор ТНП поврежденного присоединения оказывается в первом квадранте комплексной плоскости (рис.1), т.е. совпадает по направлению с векторами собственных емкостных токов неповрежденных присоединений, то работа защит от ОЗЗ направленного принципа действия, становится принципиально невозможна.

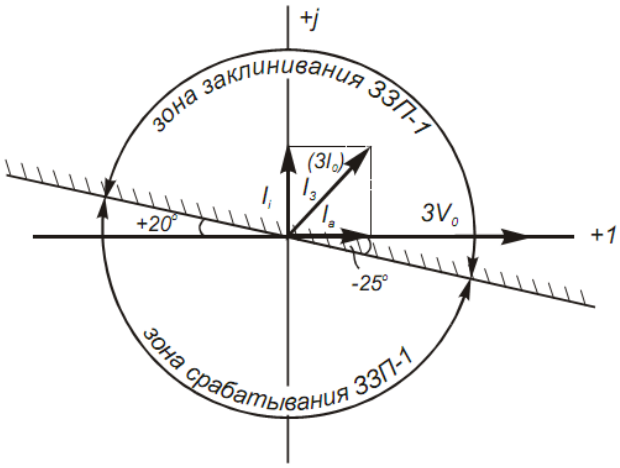


Рис. 1 Угловая характеристика защиты типа ЗЗП-1 и направление тока замыкания на землю $I_з$ в режиме перекомпенсации.

Кроме того, у защиты типа ЗЗП-I есть угловая зона $\boldsymbol{\varphi \leq 25}$, показанная на рис.1, при попадании, в которую вектора $\boldsymbol{3I_0}$ возможны отказы в ее работе.

Анализ и расчеты показывают, что при последовательном подключении резистора и нерегулируемого реактора рассмотренные выше недостатки способа полностью устраняются.

Так, в устройстве, последовательно с нерегулируемым реактором (например, типа ЗРОМ) подключается набор последовательно соединенных резисторных модулей с узлом коммутации ступеней. При изменении емкости сети относительно земли вследствие включения или отключения присоединений происходит автоматическая коммутация необходимых ступеней, обеспечивающая оптимальное (или близкое к нему) соотношение активной и ёмкостной составляющих тока замыкания на землю.

Для последовательного соединения ДГР и резистора сопротивлением $\boldsymbol{R_n}$ в нейтрали сети при однофазном замыкании на землю справедливы следующие соотношения:

$$\boldsymbol{I}_{\text{кат}} = \frac{\boldsymbol{U}_{\text{ф}}}{\boldsymbol{Z}_{\text{кат}}} = \frac{\boldsymbol{U}_{\text{ф}}}{\sqrt{\boldsymbol{R_n^2} + \boldsymbol{\omega^2 L_k^2}}}; \qquad (1)$$

$$I_L = I_{\text{кат}} \sin\varphi = U_{\text{ф}} \frac{\omega L_k}{R_n^2 + \omega^2 L_k^2}; \qquad (2)$$

$$I_a = I_{ka} \cos\varphi = U_{\text{ф}} \frac{R_n}{R_n^2 + \omega^2 L_k^2}, \qquad (3)$$

где $I_{\text{кат}}$ – ток через ДРГ, А;

$U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение сети, В;

ωL_k – индуктивное сопротивление ДГР, Ом.;

I_a– активная составляющая тока через реактор, А;

I_L– индуктивная составляющая тока через реактор, А;

φ – угол между векторами $I_{\text{кат}}$ и $3U_0$, эл.град.

Полный ток замыкания на землю определяется из соотношения

$$I_3 = \sqrt{I_C - I_L^{\,2} + I_a^2}. \qquad (4)$$

Из выражения (3) можно получить формулу для вычисления величины резистора R_n:

$$R_n = \frac{U_{\text{ф}}}{2I_a} \pm \sqrt{\left(\frac{U_{\text{ф}}}{2I_a}\right)^2 - \left(\frac{U_{\text{ф}}}{I_L}\right)^2}. \qquad (5)$$

В соответствии с выражениями (3) и (5) на рисунке 2 приведены зависимости индуктивного I_L, активного I_a и полного I_3 тока замыкания на землю от сопротивления резистора в нейтрали при фиксированных параметрах $I_{C\Sigma} = 50$ А ($I_{C\Sigma}$– суммарный емкостный ток ОЗЗ) и $I_L = 50$ А (индуктивный ток настройки ДГР, соответствующий первой отпайке реактора ЗРОМ 350/6 с индуктивным сопротивлением 72 Ом).

Как видно из рисунка 2 с ростом сопротивления R_n (в диапазоне $0 \le R_n \le 140$ Ом) в то время как ток I_L уменьшается, полный ток замыкания на землю I_3 возрастает. При этом I_a сначала резко возрастает, достигая своего максимума на уровне сопротивления 65 Ом, а затем плавно убывает. Это указывает на то, что путём изменения сопротивления R_n можно регулировать параметры контура нулевой последовательности сети при ОЗЗ.

При скачкообразном изменении ёмкости сети из-за включения или отключения отходящих линий происходит автоматический ввод соответствующей расчетной резисторной ступени. Сопротивление резистора R_n при этом определяется, исходя из основных критериев, положенных в основу выбора режима нейтрали.

Главным критерием при выборе номиналов резисторов ступеней является требование обеспечения надёжной и селективной работы защит от замыканий на землю. В качестве дополнительного критерия принято требование минимизации полного тока в месте замыкания на землю.

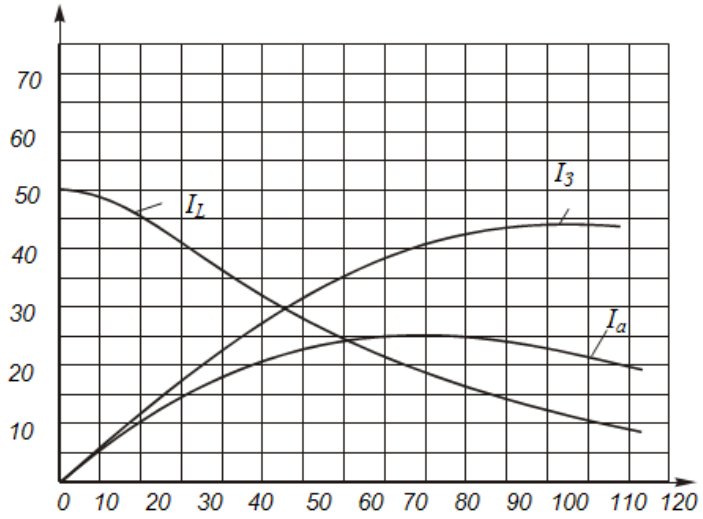


Рис. 2. Зависимости индуктивного I_L, активного I_a и полного I_3 токов ОЗЗ от сопротивления резисторов в нейтрали при фиксированных параметрах компенсированной сети

При использовании направленных защит (например, типа 33П-I, РЗН-3 и др.) выбор R_n осуществляется следующим образом. Для того, чтобы вектор

ТНП поврежденного присоединения не совпадал по направлению с векторами собственных емкостных токов неповрежденных присоединений (у защиты ЗЗП-1, кроме того, не попал бы в зону, охватываемую углом 25°) необходимо выполнить следующее условие:

$$\frac{I_{C\Sigma}-I_{Ci\,max}-I_L}{I_a} \geq tg25\,, \qquad (6)$$

где $I_{Ci\,max}$ – наибольший для всех присоединений ёмкостный ток замыкания, А.

При использовании централизованных токовых защит к параметрам активно-индуктивного заземления нейтрали предъявляются значительно более мягкие требования. Ток в повреждённом присоединении ($I_{повр}$), как известно, всегда больше, чем в неповрежденных за счет наложения активной составляющей, которая составляет обычно (0,5-0,6) $I_{C\Sigma}$. Ток $I_{повр}$ определяется по формуле

$$I_{\text{повр}} = \sqrt{I_{C\Sigma}-I_{Ci\,max}-I_L\ ^2+I_a^2} \geq 1,3I_{Ci\,max}, \qquad (7)$$

где $I_{Ci\,max}$ – наибольший емкостный ток неповрежденных присоединений.

Это дает гарантию того, что поврежденное присоединение будет отключено первым.

Таким образом, пользуясь соотношениями (1) и (4) и учитывая критерий (5), в зависимости от типа направленной защиты от замыканий на землю, можно определить оптимальные сопротивления резисторных ступеней в нейтрали. При использовании централизованных токовых защит достаточно использовать в качестве критерия выражение (7).

Литература

1. Серов В. И., Щуцкий В. И., Ягудаев Б. М. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятием. – М.: Наука, 1985.
2. Руководство по безопасной эксплуатации электрооборудования и электрических сетей угольных разрезов. – М. 1985.
3. Руководящие технические материалы. Методические указания по устройству и эксплуатации защиты от замыканий на землю в сетях 6–35 кВ на открытых горных работах. Министерство черной металлургии СССР. –М.: 1986.

УДК.: 62-531.9:556.53:621.311.214-022.53

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА МИКРОГЭС С УЧЕТОМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

Асанов М.С., Обозов А.Дж., Жабудаев Т.Ж.
КГТУ им. И. Раззакова

Представлены структурная модель и методология выбора рационального типа микроГЭС на основе разработанного алгоритма расчета параметров гидротурбин с использованием гидрологических характеристик малых водотоков.

Presented the structural model and methodology choice rational type of micro hydro station based on elaborated algorithm calculation parameters turbines using hydrological characteristics of small streams.

По территории Кыргызской Республики протекают сотни малых и мелких водотоков. На этих водотоках можно установить микрогидроэлектростанции (микроГЭС) для обеспечения электроэнергией автономных сельскохозяйственных объектов небольшой мощности.

Для рационального выбора типа микроГЭС с требуемой мощностью для потребителя возникает необходимость изучения и установления особенностей

изменения гидрологических параметров мелких горных водотоков в зависимости от: уклона, водности, характера русла и т.д. Знание этих величин позволяет разработать научно обоснованный метод расчета мощности микроГЭС.

В настоящей статье рассматривается задача расчета потенциальной мощности водотока створов рек и обосновывается выбор различных типов гидротурбин для микроГЭС.

Для решения поставленной задачи используются следующие данные:

- геометрические параметры гидропостов створов рек;
- гидрологические характеристики створов рек при гидропостах;
- типы используемых гидротурбин и их технические характеристики;
- типы известных в практике микроГЭС.

Структурная модель алгоритма решения вышесформулированной задачи. Алгоритм включает в себя следующие взаимосвязанные функциональные модули:

- модуль формирования базы данных по рекам;
- формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах;
- формирования базы данных о существующих типах микроГЭС;
- расчета потенциальных мощностей отдельно выбранных рек Кыргызстана в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин;
- модуль выбора наилучших типов из множества микроГЭС.

1. *Структурная модель вычислительного модуля* (BM_1) *формирования базы данных по рекам* (*см. рис. 1*).

Данный модуль позволяет формировать базу данных о реках Кыргызстана в виде географических карт, модель которого описывается с помощью следующих выражений (см. рис. 1):

а) отображение $S^{\text{Рек}}$, сопоставляющее каждой реке вполне определенную карту:

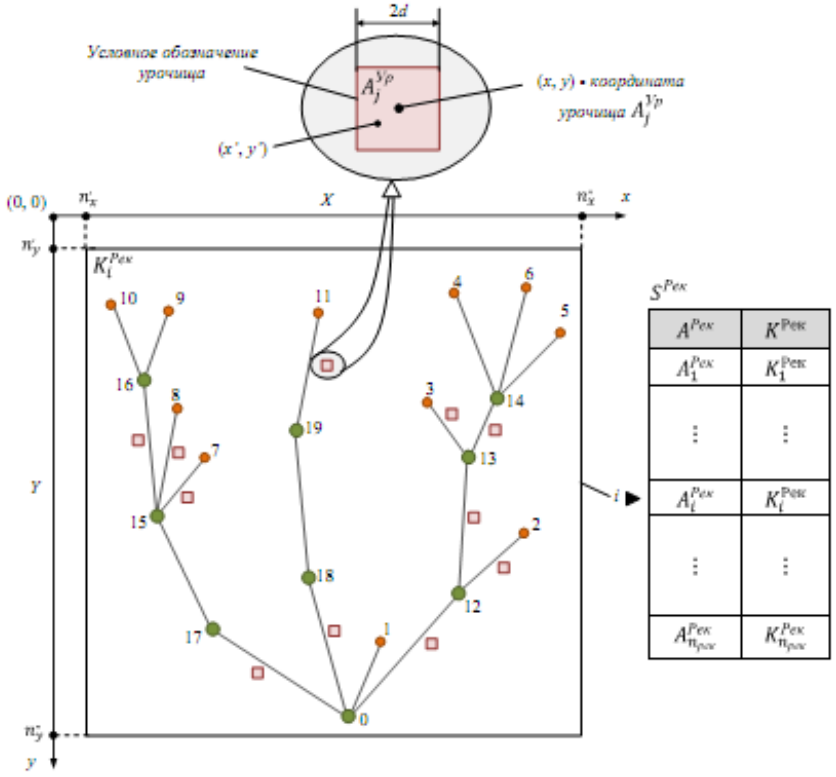


Рис. 1. Географическая карта $K_i^{\text{Рек}}$ *абстрактной реки* $A_i^{\text{Рек}}$, *имеющая древовидную структуру, где приняты следующие условные обозначения:*

- урочище; - сток реки (ледник); - узлы соединения отдельных участков реки

$$S^{\text{Рек}}: A^{\text{Рек}} \to K^{\text{Рек}}, \quad (1)$$
$$A^{\text{Рек}} = A_i^{\text{Рек}}\ i \in I_{\text{Рек}}\ , \qquad I_{\text{Рек}} = \{1, 2, \dots, n_{\text{Рек}}\},$$
$$K^{\text{Рек}} = K_i^{\text{Рек}}\ i \in I_{\text{Рек}}\ ,$$
$$S^{\text{Рек}} = \{(A_i^{\text{Рек}}, K_i^{\text{Рек}}) | i \in I_{\text{Рек}}\} \subset A^{\text{Рек}} \times K^{\text{Рек}},$$
$$A^{\text{Рек}} = K^{\text{Рек}} = S^{\text{Рек}} = n_{\text{Рек}},$$

где $A^{\text{Рек}}$ – множество рек; $K^{\text{Рек}}$ – множество географических карт рек; $S^{\text{Рек}}$ – однозначное отображение (1), являющееся множеством пар $(A_i^{\text{Рек}},\ K_i^{\text{Рек}})$, $\forall i \in I_{\text{Рек}}$; $A_i^{\text{Рек}}$ – имя i-ой реки; $K_i^{\text{Рек}}$ – карта i-ой реки.

б) отображение $K_i^{\text{Рек}}$, сопоставляющее каждой точке экрана вполне определенный цвет:

$$K_i^{\text{Рек}}: X \times Y \to C, \quad \forall i \in I_{\text{Рек}} \quad (2)$$

$$X = \{n'_x,\ n'_x + 1,\ \dots,\ n''_x\}, \quad X = n_x,$$
$$Y = \{n'_y,\ n'_y + 1,\ \dots,\ n''_y\}, \quad Y = n_y,$$
$$C = \{c_1,\ c_2, \dots,\ c_m\}, \quad C = m,$$
$$K_i^{\text{Рек}} = \{(\ x, y\ , c_{x,y}) | x \in X,\ y \in Y\},$$
$$c_{x,y} \in C, \quad K_i^{\text{Рек}} = n_x \cdot n_y,$$

где $K_i^{\text{Рек}}$ - в свою очередь есть однозначное отображение (2), являющееся множеством троек $(\ x, y\ , c_{x,y})$, $\forall x \in X$, $\forall y \in Y$, $c_{x,y} \in C$; X – множество координат по оси x экрана; Y – множество координат по оси y экрана; C – множество номеров цветов в палитре; (x, y) – координата точки экрана, а $c_{x,y}$ - номер цвета точки (x, y) экрана.

2. *Структурная модель вычислительного модуля* (BM_2) *формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах* (рис. 1 и 2) с указанием их координат (x, y) на карте рассматриваемых рек.

а) отображение $K^{\text{Ур}}$, сопоставляющее каждому i-му урочищу $A_i^{\text{Ур}}$ из множества $A^{\text{Ур}}$ вполне определенную точку $x_i, y_i \in X \times Y$ карты реки на экране (см. таблицу на рис. 2):

$$K^{\text{Ур}}: A^{\text{Ур}} \to X \times Y, \quad (3)$$
$$A^{\text{Ур}} = \{A_i^{\text{Ур}} | i \in I_{\text{Ур}}\}, \quad I_{\text{Ур}} = \{1, 2, \dots, n_{\text{Ур}}\},$$
$$K^{\text{Ур}} = K_i^{\text{Ур}} = A_i^{\text{Ур}},\ x_i, y_i \quad i \in I_{\text{Ур}} \subset (A^{\text{Ур}} \times X \times Y),$$
$$K^{\text{Ур}}\ A_i^{\text{Ур}} = \{(x_i, y_i) | i \in I_{\text{Ур}}\},$$
$$K^{\text{Ур}}\ A_i^{\text{Ур}} = (x_i, y_i),$$
$$A_i^{\text{Ур}} \in A_{\text{Ур}}, \quad x_i \in X, \quad y_i \in Y, \quad x_i, y_i \in X \times Y,$$
$$A^{\text{Ур}} = K^{\text{Ур}} = \text{n_Ур};$$

б) отображение $S^{\text{Ур}}$, сопоставляющее каждому урочищу $A_i^{\text{Ур}} \in A^{\text{Ур}}$, $\forall i \in I_{\text{Ур}}$ с заданными координатами $x_i, y_i \in X \times Y$ на карте вполне определенные данные (b_i, h_i, v_i, H_i) о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах (см. таблицу на рис. 2):

$$S^{\text{Ур}}: K^{\text{Ур}} \to R_b \times R_h \times R_v \times R_H, \quad (4)$$
$$S^{\text{Ур}} = \{S_i^{\text{Ур}} = ((A_i^{\text{Ур}},\ x_i, y_i\ ),\ (b_i, h_i, v_i, H_i)) | i \in I_{\text{Ур}}\} \subset$$
$$\subset (K^{\text{Ур}} \times (R_b \times R_h \times R_v \times R_H)),$$
$$S^{\text{Ур}}\ K^{\text{Ур}} = (b_i, h_i, v_i, H_i\ | i \in I_{\text{Ур}}\},$$
$$S^{\text{Ур}}(K_i^{\text{Ур}}) = (b_i, h_i, v_i, H_i),$$

$(A_i^{\text{Ур}},\ x_i, y_i\ ) \in K^{\text{Ур}},\quad b_i \in R_b,\quad h_i \in R_h,\quad v_i \in R_v,\quad H_i \in R_H,$
$(b_i, h_i, v_i, H_i) \in R_b \times R_h \times R_v \times R_H,$

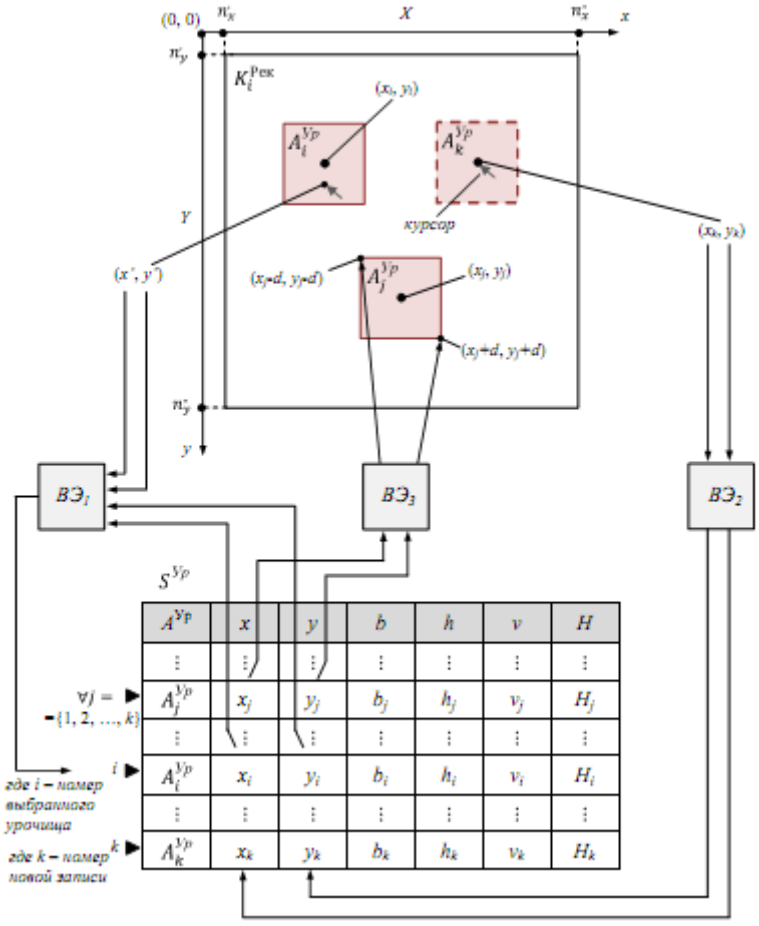


Рис. 2. Пояснение к вычислительному модулю $ВМ_2$

где b_i – ширина гидропоста; h_i – глубина воды; v_i – скорость течения воды; H_i – напор.

в) вычислительный элемент $ВЭ_2$ (рис. 2) фиксирует координаты x_k, y_k курсора мыши, соответствующие вновь вводимому урочищу $A_k^{\text{Ур}}$; к концу базы данных $S^{\text{Ур}}$ добавляет новую k-ю запись $S_k^{\text{Ур}}$, т.е. $S^{\text{Ур}} \cup \{S_k^{\text{Ур}}\}$, и записывает координаты x_k, y_k ;

г) вычислительный элемент $ВЭ_1$ (рис. 2) фиксирует координаты x', y' курсора мыши, соответствующие выбранному i-му урочищу $A_i^{\text{Ур}}$ для дальнейшей работы с ней (удаления или проведения расчетных работ); i-ое урочище $A_i^{\text{Ур}}$ считается выбранным, если выполняется следующее условие:

$$x_i - d \le x' \le x_i + d\ \ \&(y_i - d \le y' \le y_i + d)$$

д) вычислительный элемент $ВЭ_3$ (рис. 2) производит обновление текущего окна экрана после удаления или добавления новых урочищ: очищает окно экрана; выводит карту $K_i^{\text{Рек}}$ текущей реки $A_i^{\text{Рек}}$ (см. (1)-(2)); выводит условные обозначения всех урочищ $A_j, \forall j = 1, 2, \dots, k$ в виде прямоугольников с координатами левого верхнего угла $(x_j - d, y_j - d), \forall j = 1, 2, \dots, k$ и правого нижнего угла $(x_j + d, y_j + d)\ \forall j = 1, 2, \dots, k$ (см. рис. 1).

3. *Структурная модель модуля формирования базы данных о существующих типах микроГЭС* (BM_3). Модель данного модуля имеет следующий вид:

а) отображение $S^{\text{Гид}}$, сопоставляющее каждому j-му микроГЭС $A_j^{\text{ГЭС}}$ из множества $A^{\text{ГЭС}}$ вполне определенные гидравлические данные $(H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}})$

$$S^{\text{Гид}}: A^{\text{ГЭС}} \to R_H \times R_Q, \tag{5}$$
$$A^{\text{ГЭС}} = \{A_j^{\text{ГЭС}} | j \in I_{\text{ГЭС}}\}, \qquad I_{\text{ГЭС}} = \{1, 2, \dots, n_{\text{ГЭС}}\},$$
$$S^{\text{Гид}} = \{S_j^{\text{Гид}} = (A_j^{\text{ГЭС}}, (H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}})) | j \in I_{\text{ГЭС}}\} \subset A^{\text{ГЭС}} \times R_H \times R_Q,$$
$$S^{\text{Гид}}\ A^{\text{ГЭС}} = \{(H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}}) | j \in I_{\text{ГЭС}}\},$$
$$S^{\text{Гид}}\ A_j^{\text{ГЭС}} = (H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}}),$$
$$A_j^{\text{ГЭС}} \in A^{\text{ГЭС}}, \quad H_j^{\text{ГЭС}} \in R_H, \quad Q_j^{\text{ГЭС}} \in R_Q, \quad (H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}}) \in R_H \times R_Q.$$

б) отображение $S^{\text{ГЭС}}$, сопоставляющее каждому j-му микроГЭС $A_j^{\text{ГЭС}} \in A^{\text{ГЭС}}$ с заданными гидравлическими данными $(H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}})$ вполне определенные данные $(N_j^{\text{ГЭС}}, u_j, w_j)$ об электрических характеристиках и $(z_j, r_j, \dots)$ об экономических и прочих характеристиках.

$$S^{\text{ГЭС}}: S^{\text{Гид}} \to R_N \times R_u \times R_w \times (R_z \times R_r \times \dots) \tag{6}$$
$$S^{\text{ГЭС}} = \{S_j^{\text{ГЭС}} = ((A_j^{\text{ГЭС}}, (H_j^{\text{ГЭС}}, Q_j^{\text{ГЭС}})), (N_j, u_j, w_j), (z_j, r_j, \dots)) | j \in I_{\text{ГЭС}}\} \subset$$
$$\subset (S^{\text{Гид}} \times R_N \times R_u \times R_w \times R_z \times R_r \times \dots),$$

где $N_j^{\text{ГЭС}}$ - мощность; u_j - напряжение; w_j - частота; z_j - стоимость; r_j - относительная цена за кВт·ч.

4. *Структурная модель вычислительного модуля* (BM_4) *расчета потенциальных мощностей в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин* (BM_4). Модель данного модуля имеет вид (рис. 3):

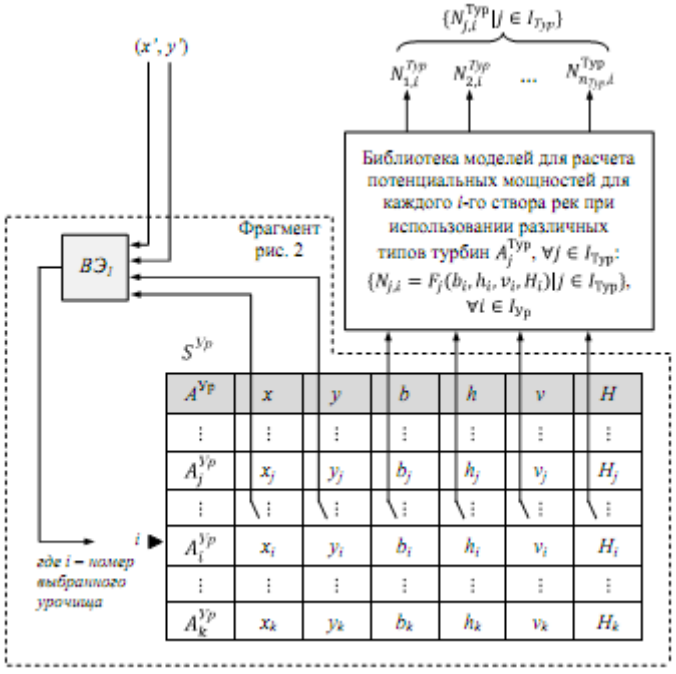


Рис. 3 Пояснения к вычислительному модулю BM_4

а) отображение S^{Typ}, сопоставляющее каждому j-му типу турбины A_j^{Typ} из

множества A^{Typ} вполне определенную модель F_j^{Typ} из библиотеки (множества) моделей различных типов турбин.

$$S^{\text{Typ}}: A^{\text{Typ}} \to F^{\text{Typ}}, \tag{7}$$
$$A^{\text{Typ}} = \{A_j^{\text{Typ}} | j \in I_{\text{Typ}}\}, \quad I_{\text{Typ}} = \{1, 2, \dots, n_{\text{Typ}}\},$$
$$F^{\text{Typ}} = \{F_j^{\text{Typ}} | j \in I_{\text{Typ}}\},$$
$$S^{\text{Typ}} = \{(A_j^{\text{Typ}}, F_j^{\text{Typ}}) | j \in I_{\text{Typ}}\},$$
$$S^{\text{Typ}}(A^{\text{Typ}}) = \{F_j^{\text{Typ}} | j \in I_{\text{Typ}}\},$$
$$S^{\text{Typ}}(A_j^{\text{Typ}}) = F_j^{\text{Typ}}, \quad A^{\text{Typ}} = F^{\text{Typ}} = S^{\text{Typ}} = n_{\text{Typ}};$$

б) функциональное отображение F_j^{Typ}, $j \in I_{\text{Typ}}$, описывающее структуру модели каждого j-го типа турбины

$$F_j^{\text{Typ}}: S^{\text{Yp}}(K^{\text{Yp}}) \to N_j^{\text{Typ}}, \quad \forall j \in I_{\text{Typ}}, \tag{8}$$

где N_j^{Typ} - множество различных значений мощностей, соответствующее j-му типу турбины; $S^{\text{Yp}}(K^{\text{Yp}})$ – множество, описанное в (4).

На основе (8) с учетом выражения $S^{\text{Yp}}(K^{\text{Yp}})$ из (4) получим библиотеку моделей для расчета потенциальных мощностей для каждого i-го створа рек при использовании различных типов турбин A_j^{Typ}, $\forall j \in I_{\text{Typ}}$:

$$\{N_{j,i} = F_j(b_i, h_i, v_i, H_i) | j \in I_{\text{Typ}}\}, \quad \forall i \in I_{\text{Yp}}. \tag{9}$$

5. *Структурная модель вычислительного модуля* (BM_5) *выбора наилучших типов из множества микроГЭС* (*см. рис.4*). Модель выбора описывается с помощью выражения:

$$S_{A_i^{\text{Yp}}}^{\text{ГЭС}} = \{S_j^{\text{ГЭС}} \in S^{\text{ГЭС}} \mid H_j^{\text{ГЭС}} \le H_i \ \& \ Q_j^{\text{ГЭС}} \le 0{,}6 \cdot b_i \cdot h_i \cdot v_i\}, \tag{10}$$

где $S_{A_i^{\text{Yp}}}^{\text{ГЭС}} \subset S^{\text{ГЭС}}$ - множество наилучших типов микроГЭС для i-го урочища A_i^{Yp}, $i \in I_{\text{Yp}}$.

Заключение. Таким образом, выражения (1)-(10) описывают структурную модель алгоритма решения задачи расчета потенциальных мощностей малых и мелких горных рек и выбора наилучших типов микроГЭС для заданных створов рек. На основе этой модели разработана универсальная программная среда.

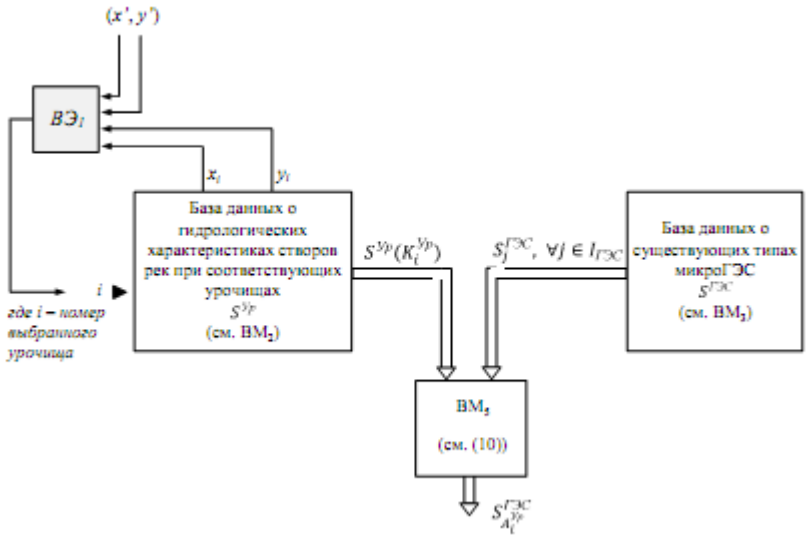


Рис. 4. Пояснение к вычислительному модулю BM_5

УДК: 537.626:621.22-026.661:62-251:658.26

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МАГНИТНОЙ ЦЕПИ СОВМЕЩЕННОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С МАССИВНЫМИ РОТОРАМИ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС И АЭС.

Борукеев Т.С.
КГТУ им. И Раззакова
E-mail: Tuigun_ktu@rambler.ru

В статье рассматривается расчет магнитной цепи в электрогидравлическом комплексе.

In article calculation of a magnetic chain in an electrohydraulic complex is considered.

Введение. Специфические особенности конструкции электрогидравлического комплекса **(**ЭГК) существенно влияют на электромагнитные процессы, связанные с прохождением магнитного потока статора по различным электромагнитным участкам. В общем случае основное поле, созданное токами обмотки статора, проходит пазово-зубцовую зону и сердечники статоров, намотанные из стальной ленты в виде тороида, основной воздушный зазор между сердечниками статора и ротора, далее, проходя по пазово-зубцовой зоне сердечника ротора, замыкается по ярму сердечника статора и массивной ферромагнитной спинке ротора. Учитывая, что в зоне лобовых частей обмотки статора, конструктивно располагается вращающийся стальной цилиндр с элементами роторов, жестко установленных на этом цилиндре, поэтому потоки лобовых частей, пересекая ферромагнитный цилиндр, создают незначительный момент ЭГК [1].

Цели и методы. Известно из теории технической электродинамики, что электромагнитную цепь ЭГК можно рассчитать, используя закон полного тока для магнитной цепи по средней магнитной линии:

$$\oint \bar{H}\, d\bar{l} = \sum iw, \qquad (1)$$

где $\bar{H}$ - вектор магнитной напряженности;

$d\bar{l}$ - элемент длины магнитной линии;

$\sum i$ - полный ток, охватываемый магнитной линией.

Точный расчет уравнения (1) на практике представляет значительные трудности. Для упрощения расчетов электромагнитную цепь разбивают на определенные магнитные участки: основной воздушный зазор, зубцы сердечников статоров и их ярмо, зубцы массивного ротора и его спинку, предполагая, что на протяжении рассматриваемого магнитного участка магнитная напряженность постоянна. Тогда вместо равенства (1), с учетом особенностей конструкции участков (рис.1), получим для пары полюсов

$$2H_{\delta}\delta + 2H_{Z1}h_{Z1} + H_{a1}L_{a1} + 2H_{Z2}h_{Z2} + H_{a2}L_{a2} = 2W_1 i_1, \qquad (2)$$

где $H_{\delta}; H_{Z1}; H_{a1}; H_{Z2}; H_{a2}$ -напряженности магнитного поля на соответствующих участках;

W_1 - число последовательных витков фазы; i_1 - ток в фазе обмотки статора;

Учитывая, что для каждого магнитного участка магнитной цепи намагничивающая сила (Н.С.) $F_к = H_к l_к$, то вместо (2) можно использовать сокращенную удобную формулу:

$$F_\Sigma = 2F_\delta + 2F_{Z1} + F_{a1} + 2F_{Z2} + F_{a2}, \quad (3)$$

где F_Σ - полная намагничивающая сила на пару полюсов.

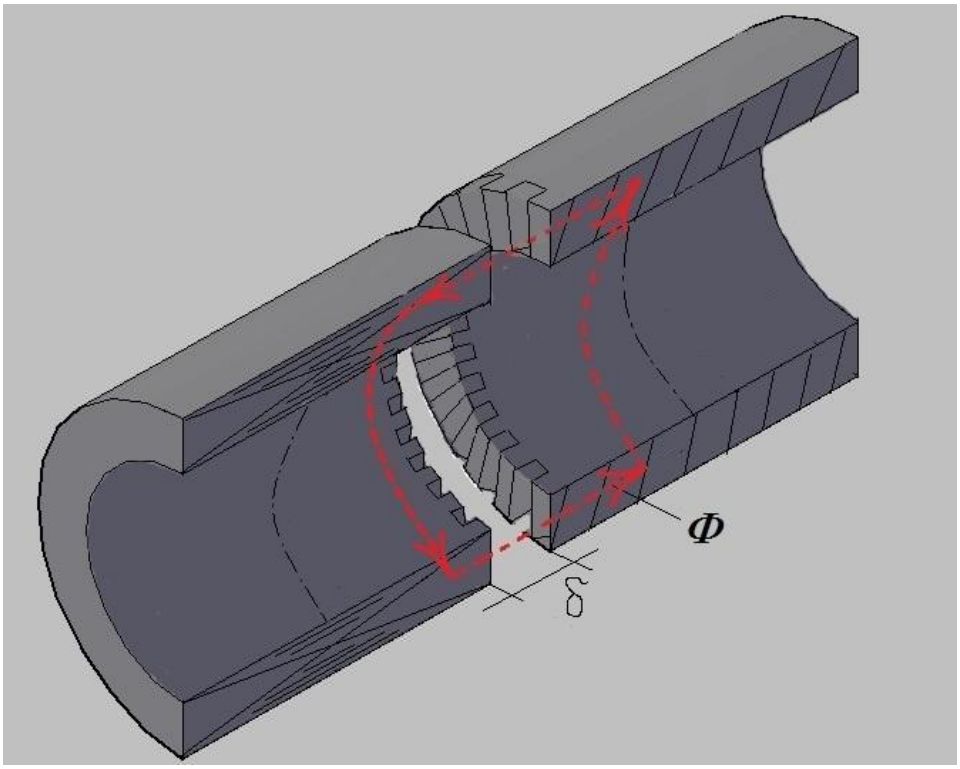


Рис.1. Магнитная цепь ЭГК

В свою очередь, намагничивающая сила магнитного поля основного воздушного зазора определяется как

$$F_\delta = k_\delta \delta B_\delta / \mu_0, \quad (4)$$

где μ_0 - магнитная проницаемость воздуха;

k_δ - коэффициент воздушного зазора.

Намагничивающая сила магнитного поля зубцов сердечника статора

$$F_{Z1} = h_{Z1} \cdot H_{Z1} \quad (5)$$

По B_{Z1} определяем H_{Z1} из таблицы для горячекатаной стали по ГОСТ 21427.1-75. А B_{Z1} определяем по формуле

$$B_{Z1} = B_\delta t_1 l_\delta / (b_{Z1} l_1 k_c) \quad (6)$$

Напряженность магнитного поля зубцов массивного сердечника ротора из Ст-5 $F_{Z2} = 2h_{Z2} \cdot H_{Z2}$

По B_{Z2} определяем H_{Z2}, а B_{Z2} определяем по формуле

$$B_{Z2} = \frac{B_\delta t_2 l_\delta}{b_{Z2} l_2} \quad (7)$$

Магнитное напряжение ярма сердечника статора

$$F_{a1} = \xi \cdot L_{a1} \cdot H_{a1}, \quad (8)$$

где $L_{a1} = \frac{\pi D}{2p} + h_{a1}$ - длина магнитных линий;

$\xi = 0{,}3 \div 0{,}4$ - учитывает непостоянство магнитных линий,

По B_{a1} определяем H_{a1}, а B_{a1} определяем по формуле

$$B_{a1} = \frac{\Phi_н}{2 l_1 h_{a1} k_c} \qquad (9)$$

Намагничивающая сила массивного ферромагнитного ярма ротора

$$F_{a2} = \xi \cdot l_{a2} \cdot H_{a2}, \qquad (10)$$

где l_{a2} - длина магнитной силовой линии;

$$l_{a2} = \frac{\pi D}{2p} + h_{a2}; \qquad (11)$$

$\xi = 0{,}4 \div 0{,}5$ - учитывает непостоянство магнитных линий.

Для $B_{a2} = \frac{\Phi_н}{2 h_{a2} l_2}$ (12)

H_{a2} выбирают из табличных данных для марки стали 3413 по B_{a2}. После определения суммарной намагничивающей силы определяем намагничивающий ток $I_\mu = pF/(0{,}9 m_1 W_1 k_0)$. (13)

Коэффициент насыщения зубцов

$$k_z = \frac{F_\delta + F_{Z1} + F_{Z2}}{F_\delta} \qquad (14)$$

Общий коэффициент насыщения

$$k_\mu = \frac{F_\Sigma}{F_\delta}$$

ЭГК (15)

Индуктивное сопротивление взаимной индукции

$$X_{mГ} = \frac{U_H - I_\mu X_1}{I_\mu} \qquad (16)$$

Вывод. В процессе исследования учтены конструктивные особенности ЭГК, в частности, тороидальная форма железа статора и трапециедльная форма зубцов статора и ротора, непостоянства магнитных силовых линий, предложены формулы определения коэффициентов насыщения комплекса.

Литература

1. Т.С.Борукеев, Ю.В. Мясоедов / Основные технические показатели электрогидравлического комплекса //Вестник Амурского гос. университета.- 2012. Вып.59, с. 101-105.
2. Копылов И.П., Цой В.Н. Уравнения обобщенного электромеханического преобразователя энергии с N - роторами. Известия вузов. Электромеханика, 1979г.№8.
3. Келим Ю.М., Копылов И.П., Свечарник Д.В., Шидлович Л.Х.. Совмещенные электрические машины. М.: Энергия, 1969г., 200с.
4. Туровский Я. Техническая электродинамика. М.: Энергия, 1974г.

УДК: 62-523.3:658.265

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВМЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Борукеев Т.С.
КГТУ им. И Раззакова
E-mail: Tuigun_ktu@rambler.ru

В статье рассматривается предлагаемая конструкция электрогидравлического комплекса (ЭГК) с улучшенными технико-экономическими показателями, расчет параметров коэффициента быстроходности и кавитационного запаса. Приведены сравнительные данные предлагаемого ЭГК с серийными осевыми насосами.

In article the offered design of an electrohydraulic complex (EGK) with the improved technical and economic indicators, calculation of parameters of coefficient of rapidity and a cavitational stock is considered. Comparative data of offered EGK with serial axial pumps are provided.

Основными типами современных тепловых энергосетей (ТЭС) большой мощности являются тепловые электроцентрали (ТЭЦ) с турбинами, имеющими регулируемые отборы пара для производства электрической и тепловой энергии.

Теплоэлектроцентра́ль (ТЭЦ) — разновидность тепловой электростанции которая производит не только электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

Бишкекская ТЭЦ была построена в 60-е годы прошлого века, поэтому гидротехнические сооружения, в том числе насосное оборудование для обеспечения технической водой не соответствует современным требованиям и неэффективны.

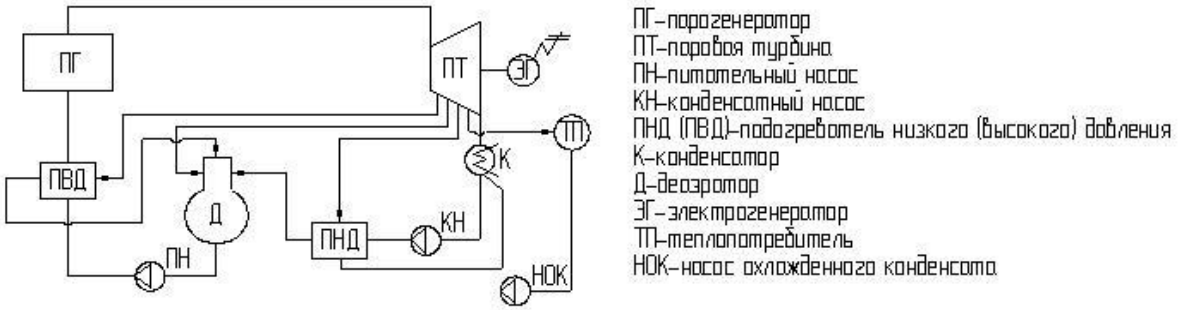


Рис.1. Принципиальная схема ТЭС

Для обеспечения нормального режима работы ТЭС постоянно требуется техническая вода для охлаждения многих узлов, деталей и конденсаторов. Как видно из рис.1 насосное оборудование теплоэлектро-станции по установленной мощности среди вспомогательного оборудования и многообразию применяемых конструкции для различных условий работы занимает ведущее место.

В связи с ускоренным развитием энергетики, укрупнением энергоблоков ТЭС и АЭС разрабатываются новые конструкции насосных станции и гидротехнических сооружений систем технического водоснабжения, создаются новые конструкции диагональных и осевых насосов, проводятся исследования по увеличению экономичности, эффективности и надежности работы сооружений и оборудования.

К приводным электродвигателям насосных агрегатов ТЭС и АЭС предъявляется ряд специфических требований. В первую очередь должна быть обеспечена высокая надежность их работы. Мощность электродвигателей центробежных, осевых и диагональных насосов выбирается с учетом возможности пуска и разворота агрегатов как при номинальном напряжении на зажимах электродвигателей, так и при напряжении, равном 0,8 номинального [1].

Тип и конструкция насосов должны обеспечивать минимум приведенных затрат по всей электростанции. Использование совмещенных комплексов, сочетание в одном техническом оборудование двигатель и насос, дает возможность уменьшить габариты насосной станции и финансовые затраты на строительство этой станции. Одновременно применив новые конструкции можно улучшить технические и энергетические показатели насосного комплекса и в целом повысить эффективность работы ТЭС улучшив систему технического водоснабжения.

Предлагаемая конструкция электрогидравлического комплекса (ЭГК) показано на рис.1. Особенностью конструкции ЭГК заключается в том, что общая мощность комплекса распределяется по нескольким друг от друга не зависящих двигателей, работающие на один «вал».

Конструкция совмещенного ЭГК состоит из нескольких статоров 1, сердечники которых выполнены из полосовой электротехнической стали навитые в виде торроида, на торцевых поверхностях которых выполнены прямоугольно открытые пазы для трехфазной обмотки статора, причем на одном сердечнике статора расположены по обеим торцам в пазах две трехфазные 2, электрически не связанные между собой, а сердечники установлены на корпусе 12, закрепленная на крестовинах 13, опирающиеся на железобетонные опоры 14.

Между статорами располагаются массивные ротора 3 с алюминиевой, стальной к.з. обмотками и массивной частью ротора, причем на одном сердечнике ротора выше перечисленные к.з. обмотки 4 каждая из которых по обеим торцам массива ротора. Массивные ферромагнитные ротора крепится к втулке 6 стальному цилиндру 15 с помощью болтов 7.

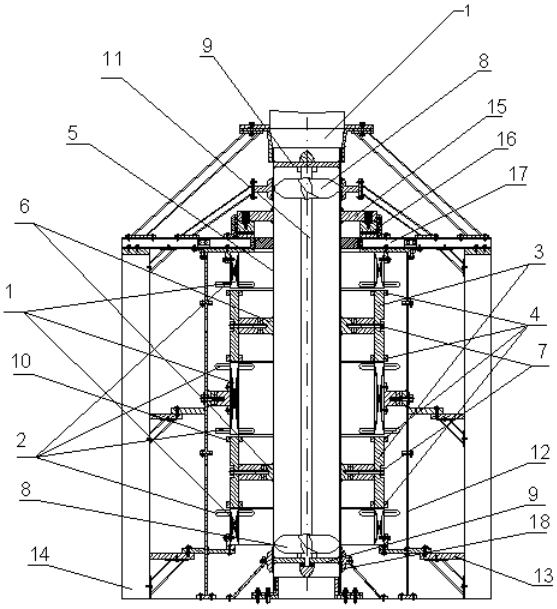


Рис.2. Конструкция электрогидравлического комплекса ЭГК.

На стальном цилиндре 5 с внутренней поверхности укреплены два рабочих осевых гидравлических колеса 8 опирающиеся на вал 11 и одновременно на крестовину 9 с лопастями, выполняющие функции изменяющего направле-

ние потока воды, т.е. вращательное движение потока в поступательное или наоборот. Для вращательного движения роторов с цилиндром и осевых насосов в качестве опор вращающихся частей ЭГК использованы комбинированный подпятник 15 с верхним направляющим подшипником 16, расположенные на верхней несущей крестовине 17. Нижний направляющий подшипник 18 установлен у всасывающего конфузора и опирается на бетонный блок подземной части насосов станции.

Сочетание в асинхронном электрогидравлическом комплексе рабочих органов двух лопастных осевых насосов и нескольких роторов, осуществляющие перенос электромагнитной энергии от роторов цилиндру роторов, а соответственно и приводному осевым насосам, существенно влияет на процессы преобразования энергии. Связующим звеном между ротором, цилиндром и осевыми насосами является жидкость, поэтому электромагнитные моменты и мощность существенно зависят от конструкции ЭГК.

Параметром, характеризующим конструкцию насоса, является коэффициент быстроходности n_s - частота вращения воображаемого насоса, во всех деталях геометрически подобного рассматриваемому, но таких размеров, при которых, работая в том же режиме с полезной мощностью в 1 л.с., он создает напор, равный 1 м [2]:

$$n_s = \frac{3{,}65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \qquad (1)$$

где n - синхронная скорость вращения; Q - подача осевого насоса; H - развиваемый осевым насосом напор.

Оптимальная область применения осевых насосов ограничивается $500 \le n_s \le 1050$ [2].

Коэффициент быстроходности при известном значении подачи и напора осевого насоса в зависимости от скорости вращения турбины показано на рис.5

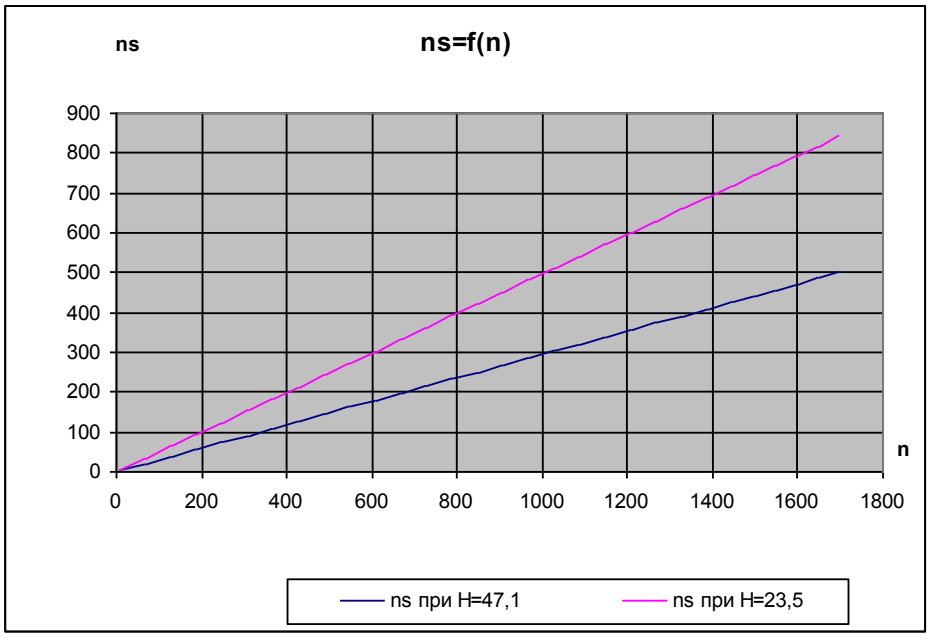


Рис. 5. Характер изменения коэффициента быстроходности от частоты вращения турбины

Еще одним важным параметром характеризующий осевой насос является кавитационный запас.

Значение кавитационного запаса определяем как

$$\Delta h = \frac{k'_{\Delta h}}{k'_H} H \qquad (2)$$

Данные по осевым насосам выпускаемым насосостроительными фир-

мами мира- «Фойт», «Хитачи», «Ганц Маваг», «Сигма» и «Уралгидромаш» в диапазоне коэффициента быстроходности $250 \le n_s \le 1000$ между n_s и коэффициентами кавитационного запаса, подачи и напора существует следующее соотношение [2]

$k_{\Delta h}^{'макс} = 1{,}26$; $k_{\Delta h}^{опт} = 0{,}92$; $k_Q^{'} = 0{,}87 n_s^{-0{,}459}$;

$k_H^{'} = 50{,}2 n_s^{-1{,}64}$

Подставляя значение $k_H^{'}$ выраженное через n_s и среднее значения коэффициентов $k_{\Delta h}$ находим выражение

$$\Delta h = 0{,}0215 H n_s^{1{,}64} \qquad (3)$$

Исследование и расчеты разработанного комплекса показывают, что данная конструкция имеет лучшие показатели, чем существующие насосные комплексы.

Для сравнения приведены технические показатели ЭГК и серийного асинхронного двигателя 4А355S4У3.

Таблица 1

п/№	Выходные показатели	ЭГК	4А355S4У3
1	$P_н$, кВт	250	250
2	$U_н$, В	380/660	380/660
3	n_c , об/мин	1500	1500
4	$S_н$, %	1,92	1,7
5	η, о.е.	87	94,5
6	I_1 , А	283	252,4
7	Cosφ, о.е.	0,9	0,92
8	$K_п$	1,52	1,03
9	K_m	2,37	2,11
10	$S_{кр}$	0,05	0,07
11	K_i	6,1	4,7

В табл.2 представлены технические характеристики ЭГК с двумя последовательно соединенными осевыми насосами и четырьмя совмещенными асинхронными двигателями, каждая мощностью по 250 кВт и показатели серийного осевого насоса ОВ5-55 с одним насосом и одним асинхронным двигателем мощностью 220 кВт.

Из представленных показателей видно, что для получения у ОВ5-55 такого же напора H_t=47,3 м как в ЭГК, потребуется пять насосов $N_д$=5 общей мощностью P_t=1100 кВт.

Табл.2

Показатели насоса	Обозначения	ЭГК	ОВ5-55
Подача, $м^3/с$	Q_t	2,1	1,8
Напор, м	H_t	47,3	10
Диаметр рабочего колеса, м	D_t	0,55	0,55
Число электродвигателей	$N_д$	1	5
Число осевых насосов	$N_н$	2	5
Мощность насоса, кВт	P_t	975	1100
Скорость вращения электродвигателя, об/мин	n_t	1500	1000
Коэффициент быстроходности, об/мин	n_s	741	696
Кавитационный запас, м	Δh	30	13

Вывод. Впервые разработан электрогидравлический комплекс совмещенный с несколькими осевыми насосами, позволяющий увеличить напор в несколько раз. Проведенные расчеты и исследования показывают, что коэффициент быстроходности ЭГК находится в рекомендуемом диапазоне.

Приведены соответствующие характеристики и сравнительные электрические и технические показатели ЭГК и показатели серийных осевых насосов и соответствующих электродвигателей. Приведенные данные показывают что разработанный ЭГК с последовательно включенными осевыми насосами обладает существенно лучшими выходными показателями.

Литературы

1. Жабо В.В, Уваров В.В. Гидравлика и насосы. М.: Энергоатомиздат, 1984г. 328с.
2. Новодережкин Р.А. Насосные станции систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1989г.- 265с.
3. Кривченко Г.И. Гидравлические машины М.: Энергия, 1978г.

УДК 338:620:339.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ - ПРИОРИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Баетов Б.И.
Минэнергопром

В статье приводится краткий анализ состояния электроэнергетической отрасли Кыргызской Республики. Обоснована необходимость повышения эффективности использования энергоресурсов, а также представлены приоритеты и задачи государственной энергетической политики и предложения по ее совершенствованию.

The article provides a brief analysis of the electric power industry of the Kyrgyz Republic. The author explains the necessity of increasing the efficiency of energy use, as well as provides the priorities and objectives of the state's energy policy and suggestions for its improvement.

С распадом СССР Кыргызская Республика (КР) столкнулась с целым комплексом энергетических проблем, которые имеют место по сегодняшний день. Обретенный суверенитет заставил бывшую союзную республику перестроиться на рыночную экономику. На момент распада страна не обладала необходимым комплексом ресурсов, чтобы предотвратить развитие кризиса и связанные с ним значительные потери.

Кризисное положение в энергетическом секторе отрицательно сказывается на всех сферах жизни общества. Испытав острый недостаток энергии в 2007, 2008, 2009 гг., государство, общественность и население страны сделали правильное заключение относительно степени важности обеспечения энергетической безопасности.

В настоящее время на существующих мощностях практически достигнут предел производства электроэнергии. Ежегодное производство стабилизировалось на уровне 13-15 млрд. кВтч, в том числе для внутреннего потребления – 12-13 млрд. кВтч, на экспорт – 1.5-2,5 млрд. кВтч. В то же время спрос на электроэнергию растет ежегодно на 3-5%. Таким образом, в последние годы проблемой стало значительное увеличение нагрузок на электрические сети в связи с резким увеличением спроса на электроэнергию как внутри республики, так и Республике Казахстан и Республике Узбекистан. При

этом остро стоит вопрос строительства новых и реконструкции имеющихся генерирующих мощностей, дальнейшего развития сетей, привлечения инвестиций и улучшения менеджмента.

Длительная работа энергокомпаний в условиях финансовых и технических ограничений привела к техническому износу оборудования. Износ энергооборудования по станциям составил: ТЭЦ г. Бишкек 64,0%; ТЭЦ г. Ош 77,8%; Каскад Токтогульских ГЭС 57,6%; Предприятия строящихся ГЭС 47,2%; Атбашинская ГЭС 21,3%;

При существующей неравномерности потребления в региональном разрезе, недостаточной пропускной способности межсистемных линий электропередачи, а также отсутствии резерва вырабатывающих мощностей необходимо проведение реконструкции ТЭЦ г. Бишкек, реконструкции Уч-Курганской ГЭС и ввод в работу второго агрегата Камбаратинской ГЭС-2.

В 2013 году в связи с возможным наступлением маловодного периода объем планируемого экспорта электроэнергии снижен до 500 млн. кВтч, снижены планируемые объемы выработки электроэнергии. План выработки электроэнергии на 2013 год составляет 14 201,9 млн. кВтч, в том числе на ГЭС 13 291,9 млн. кВтч, ТЭЦ 910 млн. кВтч.

Помимо наращивания производственных мощностей в энергосистеме приоритетной задачей государственной энергетической политики (ГЭП) должно стать повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергосберегающий путь развития. Решение этой задачи позволит гарантировать при прогнозируемых темпах роста устойчивое обеспечение населения и экономики страны энергоносителями.

Для формирования ГЭП и обеспечения энергетической безопасности и энергоэффективной экономики, государственную **внутреннюю** энергетическую политику КР необходимо направить на подъем жизненного уровня населения за счет обеспечения качественными энергетическими ресурсами путем повышения энергоэффективности энергопроизводства и энергопотребления.

Государственную **внешнюю** политику необходимо направить на обеспечение импорта и экспорта топлива и энергии с полноправным участием КР на международных рынках энергоносителей.

В целом ГЭП должна способствовать общему экономическому развитию страны путем эффективного использования ее топливно-энергетических ресурсов как внутри страны, так и в условиях международного разделения труда.

Основными задачами ГЭП являются:

- определение и осуществление регулирующих мер, обеспечивающих приоритетное развитие энергетики, энергосбережение, природоохрану и безопасность населения;
- определение приоритетных, с учетом интересов регионов, направлений развития энергетики;
- формирование экономически и социально-обоснованного спроса на различные энергетические услуги;
- обеспечение достаточной надежности топливо- и энергоснабжения потребителей;
- рациональное комплексное использование во всех сферах экономики топливно-энергетических ресурсов, в том числе нетрадиционных видов энергии с целью снижения нагрузки топливно-энергетического комплекса на экономику и окружающую среду;
- обеспечение активного энергосбережения на всех стадиях добычи (производства), транспортировки, переработки и потребления топлива и энергии;
- обеспечение энергетической независимости в целом и взаимовыгодного межрегионального обмена энергетическими и другими ресурсами;
- поддержание рационального уровня экспорта и импорта энерго-

ресурсов с учетом ресурсных, экологических и социальных ограничений на территории страны и в регионе ЦА;

- содействие развитию интеграции и международного сотрудничества в области совместного использования водных и энергетических ресурсов и формированию единого рынка энергоресурсов в ЦАР.

Для реализации вышеуказанных задач необходимо установить в качестве приоритета энергетической политики страны социальную ориентацию энергоснабжения, прежде всего первоочередное обеспечение коммунально-бытовых нужд, транспорта и сферы производства продуктов питания высококачественными и экологически чистыми энергоносителями – электроэнергией, газом, теплом, моторными топливами и другими видами энергии.

Приоритетом технологической политики в энергетике необходимо установить: повышение энергоэффективности и экологической безопасности энергетических установок и оборудования, обеспечение надежности энергоснабжения за счет системных факторов и разумной деконцентрации энергоисточников.

Для достижения целей и реализации приоритетов энергетической политики в качестве главного средства необходимо принять сочетание прямого государственного регулирования отношений в сфере энергетики и формирование контролируемого государством энергетического рынка.

Важное место в ГЭП должно быть отведено мерам по активизации энергосбережения во всех секторах экономики как фактора снижения нагрузки на ТЭК и экономику страны и на окружающую природную среду путем прямой господдержки и применения организационно-экономических стимулов через совершенствование нормативной правовой базы. Для осуществления энергосберегающей политики в структуре органов государственной власти необходимо создание специальных подразделений по энергосбережению и повышению энергоэффективности реального сектора экономики.

Для стимулирования развития ТЭК государство должно обеспечить льготное кредитование: целевых программ развития генерирующих мощностей, в том числе нетрадиционных источников энергии; особо энергодефицитных регионов; энергокомпаний для накопления на электро-станциях топлива к работе в осенне-зимний период; завоза топлива в отдельные отдаленные районы и др.

Таким образом, необходимо вести контроль над эффективным использованием топлива и энергии, путем предоставления ряда льгот юридическим и физическим лицам, внедряющим технологии энергосбережения, а также использующим ВИЭ. Кроме того, перед Министерством энергетики и промышленности КР стоит задача разработки документа в области энергоэффективности и энергосбережения с выделением первоочередных мероприятий по экономии и рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов с целью повышения надежности энергоснабжения и достижения энергетической безопасности страны, а также уменьшения расходов государственного бюджета за счет экономии использования энергоресурсов организациями и улучшения экологической ситуации.

Обобщая вышеизложенное, ГЭП предусматривает осуществление следующих общеэкономических и общеполитических мер:

- совершенствование фискальной политики путем предоставления льгот на налоги и кредиты на развитие НВИЭ, внедрение энергосберегающих и экологически чистых технологий и оборудования как при производстве, так и потреблении энергии;
- расширение платежеспособного спроса на энергоносители, потребительские товары и услуги с обеспечением минимума общей денежной массы на неинфляционной основе; создание эффективной системы управления бюджетным процессом путем выделения отдельной строкой в расходной части затрат на

оплату топлива и энергии организациями, финансируемыми из госбюджета;

- институциональные преобразования с целью реализации энергетической политики, обеспечения энергетической безопасности и энергоэффективности экономики и формирования благоприятного инвестиционного климата с созданием предпосылок для экономического роста страны.

Реализация **внешней** энергетической политики требует разработки Концепции энергетической дипломатии КР, средств и механизмов ее реализации; внесения предложений в ЕврАзЭС по разработке и принятию государствами-участниками Концепции обеспечения энергетической безопасности в ЕврАзЭС, создания Евроазийского энергетического агентства для реализации ее мониторинга.

Для проведения эффективной энергетической политики КР необходимо изучить опыт стран СНГ и ЕврАзЭС и разработать проект Государственной программы энергосбережения и энергоэффективности экономики. Для успешной их реализации необходимо совершенствовать нормативную правовую базу путем разработки соответствующих подзаконных актов, СНиПов, ГОСТов и НТД.

Литература

1. Касымова В.М. Основы антикризисного управления в энергетике Кыргызской Республики. - Б.: «Инсанат», 2009 г.
2. Асланян Г.С., Молодцов С.Д., Соловьянов А.А. Роль государства в обеспечении энергетической безопасности // Энергетическая политика России на рубеже веков: В 2 т. -М.: Папирус ПРО, 2001. - Т.2.
3. Баетов Б.И. Совершенствование энергетической политики государства – основа обеспечения энергетической безопасности // Известия вузов, Бишкек, 2010. - № 5.

УДК.:621.311.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ Г. БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Асанов А.К. , МЭИ, г.Москва,
E-mail: asanov_ak@mail.ru

На основе статистического обследования данных оплаченных квитанций построена обобщенная гистограмма бытового электропотребления по селитебным районам и частным секторам г. Бишкек.

On the basis of statistical inspection of these paid receipts the generalized histogram of a household power consumption on selitebny areas and the private sectors Bishkek is constructed.

Введение. Исследование коммунально-бытового электропотребления имеет два основных направления. Первое связано с задачами определения электрических нагрузок в линиях 0,4/6/10 кВ систем электроснабжения при проектировании и реконструкции, а также анализа режимов работы потребителей в действующих системах электроснабжения. На стадии проектирования расчетные нагрузки для жилых и общественных зданий и объектов коммунального хозяйства определяются по методикам [1]. Но существующие методики не учитывают в структуре бытового электропотребления доли нелинейных потребителей, которые влияют на электромагнитную совместимость электроприемников и сети [2]. Это требует необходимости учета доли нелинейных нагрузок в формировании расчетных нагрузок.

Второе направление связано с исследованием, анализом и моделированием потребления электроэнергии бытовыми потребителями или их группами (частный дом, жилой многоквартирный дом, район города, районная электросеть (РЭС) распределительной электрокомпании (РЭК), РЭК энергосистемы) за некоторые интервалы времени. Эти исследования выполняются для выяснения структуры совокупности абонентов и их распределения по диапазонам электропотребления. Интерес к ним повысился в последние годы для формирования тарифов на электроэнергию для населения в условиях дефицита мощности.

В таких условиях выделение в структуре потребителей электроэнергии энергосистемы бытовых потребителей позволяет повысить качество принимаемых решений в обеспечении качества электроэнергии и в тарифной политике.

В связи с этим вытекает необходимость определения закона распределения бытового электропотребления. При введении такого определяется процент абонентов, потребляющих электроэнергию в пределах того или иного диапазона. Закон распределения бытового электропотребления зависит от региона (широты местности), структуры населенных пунктов (город, село), вида отопления (газовое, печное, электрическое) и др.

Обработка статистических данных по выявлению годового электропотребления жилыми домами г. Бишкек. Обработка и анализ данных переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год [3] выявили по г. Бишкек следующие достоверные данные:

Используемая территория города Бишкек составляет 169,6 кв. км. Город делится на 4 административно-территориальных района: Ленинский, Октябрьский, Первомайский и Свердловский.

Общая численность населения г. Бишкек на 24 марта 2009 года составила 865,5 тыс. человек (с учетом населения села Чон-Арык). Согласно данным статистики, среднегодовой рост населения с 1999 по 2009 год составил 0,9% по г. Бишкек.

Основные сведения по г. Бишкек (без учета населения села Чон-Арык): число частных домохозяйств; проживающие в них члены; средний размер домохозяйств по районам и по отдельным местным территориальным управлениям (МТУ), где в размере домохозяйства проживают минимальное и максимальное количество человек, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты анализа данных жилого фонда и электропотребления г. Бишкек

Территориальное деление	Число домохозяйств/ %	В них членов домохозяйств, человек	Средний размер домохозяйства, человек	Полезный отпуск ЭЭ (без учета потерь)		
				За 2011 г. [4]	Среднегодовой (расчетные показатели)	
				тыс. МВт*ч/ %	кВт*ч/дом	кВт*ч/чел
г. Бишкек	**228657/ 100**	**828 149**	**3,6**	**1416,7/ 100**	**6195,6**	**1721**
Ленинский р-н	**58152/ 25,5**	**210 245**	**3,6**	**408,0/ 28,8**	**7016**	**1948**
МТУ №3	7839/3,4	38640	4,9	-	-	-
МТУ №5	15224/6,7	40881	2,7	-	-	-
Октябрьский р-н	**64149/ 28**	**238052**	**3,7**	**327,3/ 23,1**	**5102**	**1378**
МТУ №6	9663/4,2	43832	4,5	-	-	-
МТУ №8	16259/7,1	48955	3,0	-	-	-
Первомайский р-н	**49335/ 21,5**	**168308**	**3,4**	**321,6/ 22,7**	**6518**	**1916**
МТУ №12	17640/7,7	47721	2,7	-	-	-
МТУ №16	6036/2,6	26876	4,5	-	-	-
Свердловский р-н	**57021/ 25**	**211544**	**3,7**	**359,8/ 25,4**	**6311**	**1705**
МТУ №20	13187/5,8	46541	3,5	-	-	-
МТУ №21	5892/2,6	25175	4,3	-	-	-

Расчет и анализ данных [3, 4], выявили среднестатистические результаты электропотребления по районам и в целом по городу (табл. 1). Годовое потребление электроэнергии домохозяйствами г. Бишкек за 2011 год в расчёте на одного жителя составляет в среднем 1721 кВт*ч. Но этот показатель можно считать условным, так как фактическое число проживающих в городе превышает 1 млн. человек.

Сбор данных по электропотреблению и определение среднемесячного электропотребления жилых домов г. Бишкек. Исследования бытового электропотребления проводились на основе сбора и обработки статистических данных. Выполнялась случайная выборка: для каждого абонента из оплаченных квитанций записывались показания электропотребления за сентябрь и декабрь 2011 года.

Для повышения представительности выборки бытовое потребление сегментировалось: раздельно собирались данные по потреблению в селитебном и частном секторе районов, по квартирам и частным домам. Кроме того, обследование проводилось на различных территориях города, по некоторым микрорайонам (мкр.) и жилым массивам (ж/м). Где, в выборке участвовало по 50 абонентов по каждому участку (табл. 2).

Объем выборки N составило 550 абонентов, из них: селитебного района -300 абонентов, частного сектора – 250 абонентов.

Объем выборки соответствует величине вероятности P=0,92 при допустимой ошибке $\varepsilon=0,05$ [5].

Таблица 2.

Представительность выборки электропотребления по различным территориям г. Бишкек.

Селитебный район			Частный сектор		
Территория города	Электропотребление, кВт*ч/мес		Территория города	Электропотребление, кВт*ч/мес	
	сентябрь	декабрь		сентябрь	декабрь
ж/дома по пр. Мира	20÷313	45÷521	ж/м Бакай-Ата	86÷960	281÷3411
мкр. Джал	71÷332	62÷686	район Карагач. рощи	31÷818	100÷2950
6 – мкр.	19÷247	44÷690	ж/м Токолдош	65÷1057	173÷3291
9 – мкр.	17÷288	32÷689	ж/м Ак-Орго	89÷1163	250÷3244
10 – мкр.	45÷244	50÷680	ж/м Ала-Тоо	57÷703	196÷3273
мкр. Кок-Жар	40÷348	60÷349	-	-	-
мин/мах	**17÷348**	**32÷690**	*мин/мах*	**31÷1163**	**100÷3411**
Отобранная выборка	**292**	**286**	Отобранная выборка	**243**	**241**

Примечание: из выборки исключались некоторые абоненты, электропотребление которых могло считаться аномальным для данной выборки. Проверка элемента выборки на аномальность производилась в соответствии с [6].

Закон распределения электропотребления. Для характеристики закона распределения электропотребления абонентов были использованы статистические расчеты, где используются четыре момента. Они характеризуют форму кривой: ее центр, степень рассеивания от центра, ее асимметрию («скошенность») и «крутость» (островершинность или плосковершинность).

Центр распределения характеризуется математическим ожиданием P_x, степень рассеивания - среднеквадратическим отклонением, асимметрия и «крутость», соответственно, коэффициентами асимметрии S_k и эксцесса E_x, получаемыми на основе третьего и четвертого центральных моментов, причем для нормального распределения эти коэффициенты равны нулю. Если абсцисса вершины исследуемого распределения меньше, чем математическое ожидание, то коэффициент асимметрии положителен. Кривые, более островершинные, чем кривая

нормального распределения при том же рассеивании, имеют положительный коэффициент эксцесса. Вычисления оценок моментов распределения для случайных выборок производились согласно [7] по формулам:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}, \quad (1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - P_x)^2}{N-1}}, \quad (2)$$

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - P_x)^3}{N\sigma_x^3}, \quad (3)$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - P_x)^4}{N\sigma_x^4} - 3, \quad (4)$$

где P_x - оценка математического ожидания;

σ_x - оценка среднеквадратического отклонения;

S_k - оценка асимметрии;

E_x - оценка эксцесса;

x_i - значение анализируемой случайной величины для i - го абонента;

N - количество абонентов в случайной выборке.

На основании статистических данных, полученных в ходе выборки, по формулам (1) - (4) определены значения оценок статистических моментов электропотребления. Результаты вычислений показаны в гистограммах (рис.1, 2) и сведены в табл. 3. Ширина интервала dW рассчитана по правилу Стэрджеса [7]:

$$dW = \frac{W_{max} - W_{min}}{1 + 3{,}322 lgN}, \quad (5)$$

где (напр. из табл. 2), W_{max} = 348 кВт*ч/мес, W_{min}= 17 кВт*ч/мес - соответственно, максимальное и минимальное значения исследуемой величины, зафиксированные в ходе выполнения выборки;

N - объем выборки, N= 292,

и после округления в большую сторону составила 40 кВт*ч/мес (рис. 1, а).

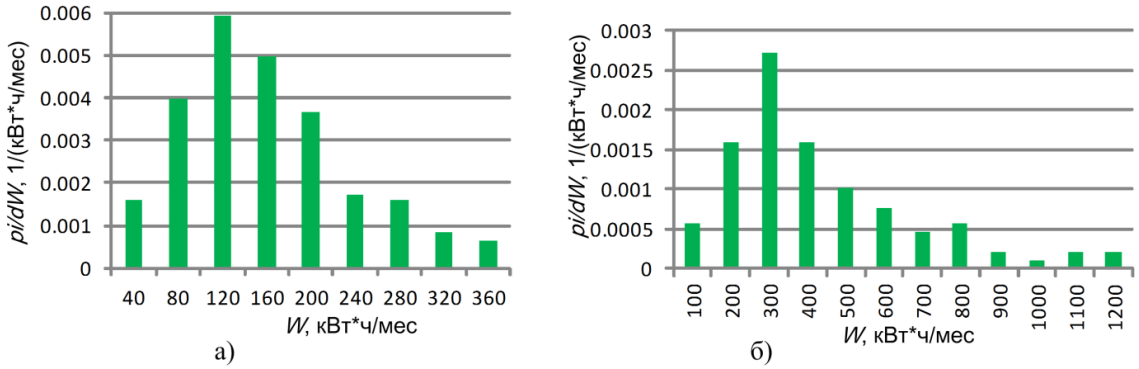
Вероятность попадания p_i случайной величины x в интервал i приближенно можно вычислить [7]:

$$p_i = \frac{m_i}{N},$$

где m_i - число раз, которое случайная величина x наблюдается в границах i – го интервала;

N – объем случайной выборки.

Ординаты столбцов гистограммы равны отношению pi/dW вероятности попадания электропотребления абонентов в i - й интервал к величине этого интервала. Гистограмма графически отражает статистический ряд распределения.



а) б)

Рис. 1. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в летнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

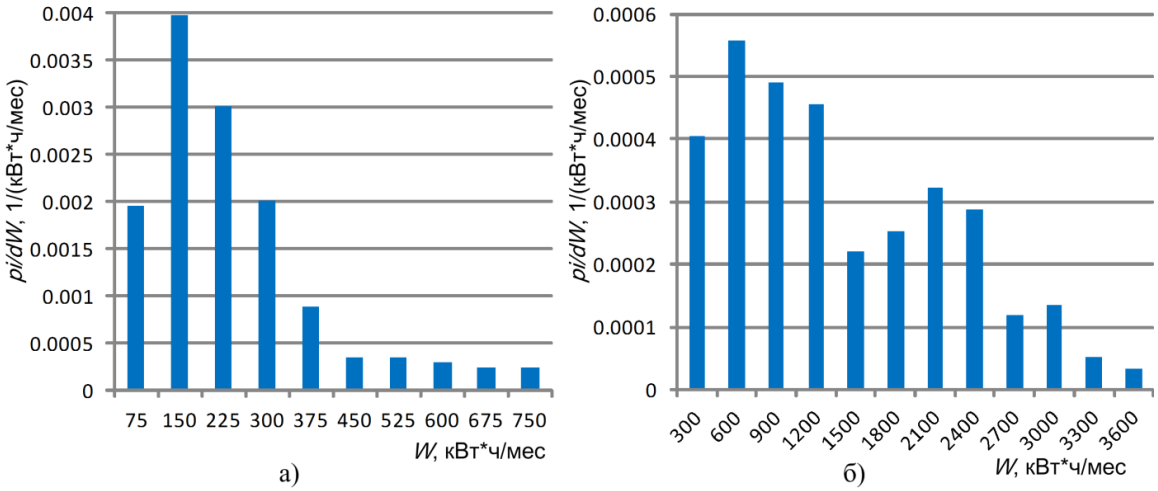


Рис. 2. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в зимнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

Таблица 3.

Результаты вычислений статистических моментов электропотребления

Количество абонентов	Время года	P_x, кВт*ч/мес	σ_x, кВт*ч/мес	S_k	E_x
селитебный район					
292	Лето*	140,0	74,2	0,67	-0,1
286	Зима	205,4	145,0	1,5	2,08
частный сектор					
243	Лето*	385,2	250,4	1,26	1,3
241	Зима	1231,0	845,5	0,66	-0,45

Применяемость полученных результатов таблицы 3 можно оценить из регрессионного анализа [8]. Из этого анализа можно выделить четыре зоны электропотребления по отношению к температуре наружного воздуха:

- летний период (сезон без отопления) (с мая по сентябрь)*. Электропотребление практически не зависит от температуры наружного воздуха;

- зимний период (отопительный сезон 1) (декабрь, январь, февраль). Устойчивое и сильно зависимое электропотребление от температуры наружного воздуха. Среднемесячная температура ниже 0 °С;

- переходный первый период (отопительный сезон 2) (ноябрь, март). При снижении температуры ниже +8 °С электропотребление существенно возрастает, т.е. каждый градус снижения температуры сопровождается все большим приростом электропотребления. Коэффициент влияния температуры находится в диапазоне от 1,0 до 3,0 %/°С. Население использует всевозможные виды электронагревателей, в особенности частный сектор.

- переходный второй период (сезонное потепление и/или похолодание) (апрель, октябрь). При снижении температуры ниже +10 °С на электропотребление резко возрастает. Наблюдается колеблющее электропотребление в зависимости от перепадов температуры наружного воздуха.

Из вышесказанного следует, что результаты расчетов можно расценивать как среднее электропотребление, приходящееся на одного абонента в летний* и зимний периоды.

Заключение

1. Исследования жилищного фонда и бытового электропотребления по г. Бишкек выявили следующие статистические достоверные результаты:

- средний размер семьи составляет от 2,7 до 4,9 человек в зависимости от

района проживания и проживания в частном доме или квартире;

- электропотребление на одного жителя в среднем за год составляет 1720 кВт·ч.

2. На основании данных выборки получены гистограммы распределения бытового электропотребления по г. Бишкек. С его помощью можно определить количество бытовых абонентов в относительных единицах, расходующих электроэнергию в пределах любого выбираемого диапазона электропотребления.

Литература

1. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». М., ФГУ ЦПП, 2004.
2. Асанов А.К., Демидов А.Д., Симуткин М.Г., Тульский В.Н., Шведов Г.В.. Электромагнитная совместимость систем электроснабжения и электроприемников жилых и общественных зданий. // Энергосбережение - теория и практика: труды шестой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: Изд. дом МЭИ, 2012, С. 279 – 283.
3. Данные переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год. Книга III. Регионы Кыргызстана. Бишкек.
4. Данные ОАО «Северэлектро» за 2011 г., Кыргызстан.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. -576 с.
6. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1982. - 224с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Высшая школа, 2001. - 575 с.
8. Асанов А.К., Суеркулов М.А., Эсеналиева Ч.Т. Современное состояние и основные направления развития электрических сетей г. Бишкек. // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2012. – №4. – С. 47 – 52.

УДК.:621.314.1:621.311

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Сатаркулов К.А., Иманакунова Ж.С., КГТУ им.И. Раззакова.
Абылгазиев Ж.С. ОАО «Северэлектро»

Приводятся описание конструкции и результаты испытания действующего макета многофункционального преобразователя тока, предназначенного для контроля режима электрической сети.

The description of a design and results of test of the operating model of the multipurpose converter of current of the mode of an electric network intended for control is provided.

Введение. На сегодняшний день разработаны трансформаторы тока (ТТ) различных конструкций. Эти устройства имеют ряд недостатков: во – первых, они узкофункциональны, например, ТТ только преобразуют величину тока, а другие, например, специальный измерительный трансформатор тока нулевой последовательности, является устройством, реагирующим только на нарушение симметричного режима трёхфазной системы; во – вторых, при создании токовых защит используется несколько трансформаторов тока.

Цель работы. Проведение экспериментального испытания многофункционального преобразователя тока (МПТ) новой конструкции с целью обоснования его многофункциональности.

Описание конструкции и результаты испытания. На рис.1 представлена конструкция МПТ. Он содержит цилиндрический сердечник, набранный из кольцевых дисков 1. На сердечнике просверлены по кругу под углом в 120^0 по отношению друг к другу три отверстия, в которых проходят токоведущие стержни фаз A, B, C проходных изоляторов 5, 6, 7, играющих роль первичной трехфазной обмотки. Первичные обмотки при прохождении по ним токов I_A, I_B, I_C создают вращающееся магнитное поле 8. Испытываемое устройство не содержит второй цилиндрический сердечник, а вторичные обмотки 2, 3, 4 в виде прямоугольных рамок расположены в расточке цилиндрического сердечника 1, соответственно напротив фаз A, B, C так, чтобы плоскости прямоугольных рамок пронизывались вращающемся магнитным полем 8, на каждую рамку намотаны вдоль них по две обмотки, первая группа обмоток каждой рамки соединены между собой в звезду рис.2, а вторая группа обмоток в открытый треугольник рис.3. Концы обмоток на чертеже

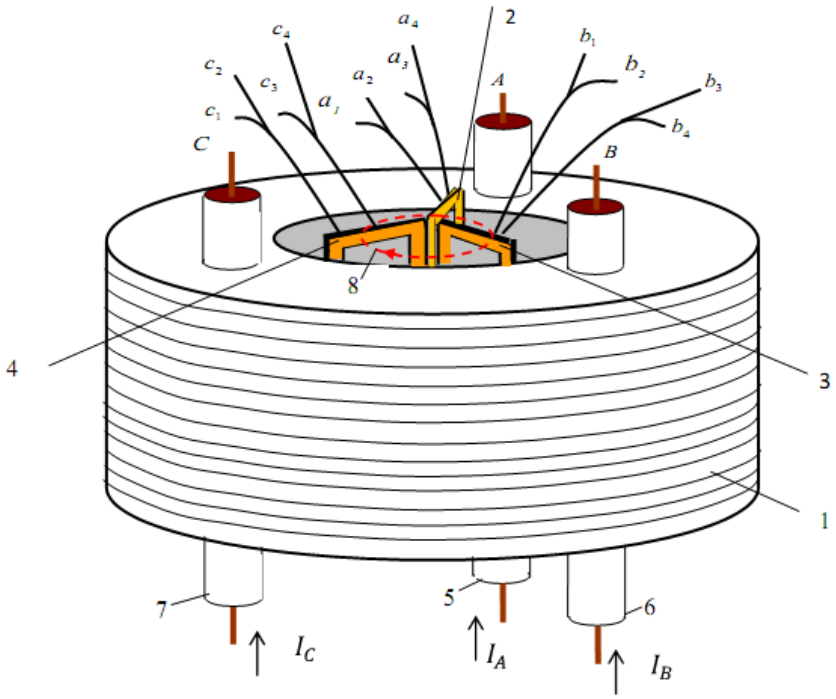


Рис.1

отмечены буквами: { a_1, a_2 ; a_3, a_4 } – концы обмоток, намотанные на рамку 2; { b_1, b_2 ; b_3, b_4 } – на рамку 3 и { c_1, c_2 ; c_3, c_4 } – на рамку 4.

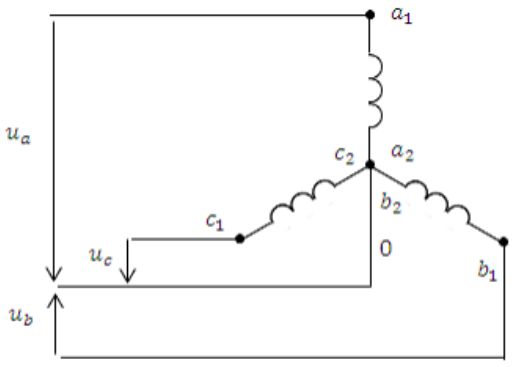


Рис.2

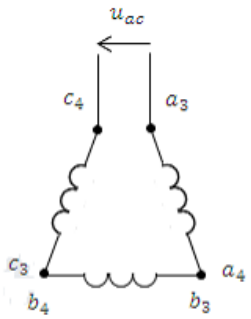


Рис.3

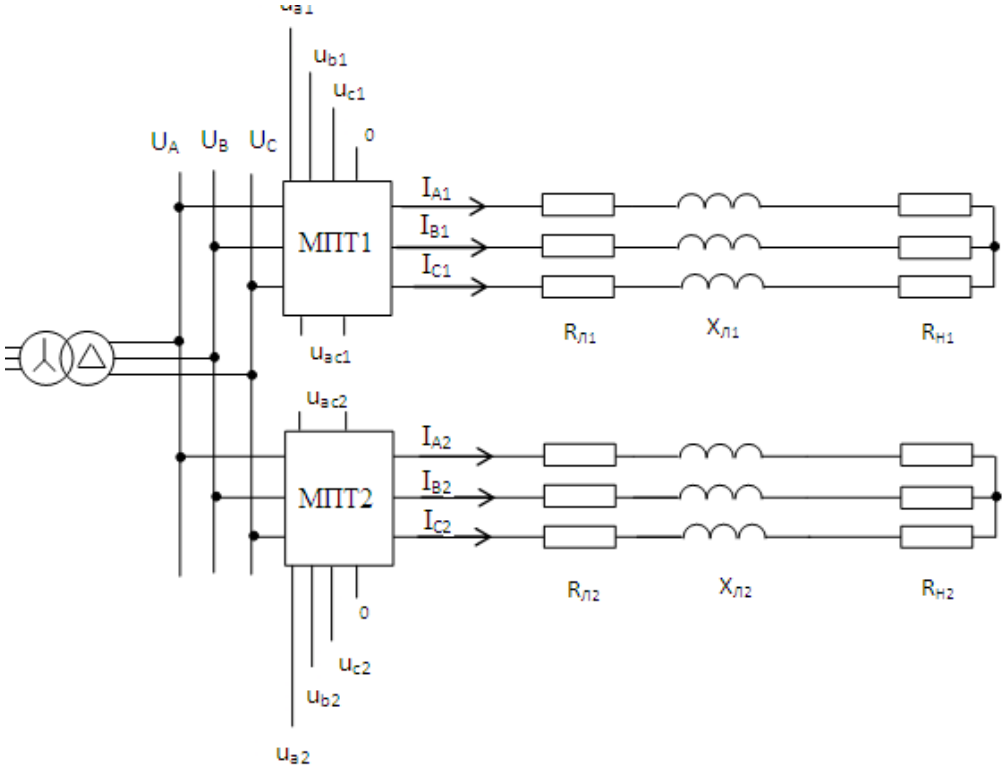


Рис.4

На рис.4 показано использование МПТ1, МПТ2 для контроля режимов работы двух отходящих линий электрической сети с изолированной нейтралью, где $R_{Л1}$, $X_{Л1}$ соответственно активное и индуктивное сопротивления первой отходящей линии, $R_{Н1}$ - нагрузка этой линии, $R_{Л2}$, $X_{Л2}$, $R_{Н2}$ относятся ко второй отходящей линии. Межфазные емкости на фиг.4 не показаны. u_{a1}, u_{b1}, u_{c1} – напряжения на выводах вторичной обмотки МПТ1, соединённые в звезду относительно нейтрали 0 этой звезды (рис.2). u_{ac1}– напряжение на разомкнутых концах вторичной обмотки МПТ1, соединенные в открытый треугольник (рис.3). u_{a2}, u_{b2}, u_{c2} и u_{ac2} – те же напряжения, только относятся к МПТ2 .

Испытываемая МПТ работает следующим образом.

Предположим, что МПТ1 и МПТ2 установлены соответственно в двух отходящих линиях электрической сети с изолированной нейтралью, работающей в симметричном режиме как по напряжению так и по току, т.е. $U_A = U_B = U_C$, $I_{A1} = I_{B1} = I_{C1}$, $I_{A2} = I_{B2} = I_{C2}$. Вследствие прохождения токов I_A, I_B, I_C по первичной обмотке МПТ в нем образуется вращающейся магнитное поле 8 (рис.1). В результате его взаимодействия со вторичными обмотками на концах разомкнутых треугольников индуцируются напряжения u_{ac1}, u_{ac2} , а между концами звезды и нейтралью - напряжения u_{a1}, u_{b1}, u_{c1} и u_{a2}, u_{b2}, u_{c2}, которые несут информацию о режиме в отходящих линиях рассматриваемой электрической сети. Так как мы рассматриваем симметричные режимы, то $u_{ac1} \approx 0$, $u_{ac2} \approx 0$, $u_{a1} \approx u_{b1} \approx u_{c1}$, $u_{a2} \approx u_{b2} \approx u_{c2}$.

Проведенные эксперименты на действующих макетах МПТ показали, что при любых нарушениях режима в исследуемой сети можно приводить к изменению соответствующим образом значения индуцированных напряжений. Например:

1. При внутреннем дуговом замыкании на землю (без обрыва) любой из фаз первой отходящей линии сумма отклонений выходных величин ($du_{a1} + du_{b1} + du_{c1}$) по сравнению с нормальным режимом больше в десятки

раз, чем по сравнению возникновения внешнего дугового замыкания на землю другой отходящей линии. Это говорит о том, что с помощью МПТ можно обеспечить селективную защиту от однофазного замыкания на землю;

2. МПТ позволяет выявить оборванную фазу на линии;
3. С помощью МПТ можно контролировать степень несимметрии по нагрузке и по напряжению с помощью значений u_{a1}, u_{b1}, u_{c1}, u_{a2}, u_{b2}, u_{c2}.
4. При любом течении переходного процесса вызванные нарушениями симметрии, на концах обмоток соединённые в открытый треугольник, резко изменяются значения напряжений u_{ac1} и u_{ac2}, поэтому эти обмотки можно использовать в качестве пускового органа для запуска логической части защиты.

Результаты эксперимента:

Таблица 1.

Состояние отходящих линий электропередач	МПТ1				МПТ2			
	u_{a1} В	u_{b1} В	u_{c1} В	u_{ac1} В	u_{a2} В	u_{b2} В	u_{c2} В	u_{ac2} В
Нормальный режим	0,88	0,85	0,76	0,074	2,24	2,20	2,20	0,10
Дуговое замыкание на землю фазы «С» на линии 1	0,90	0,76	0,12	1,75	2,22	2,18	2,18	0,10
Дуговое замыкание на землю фазы «С» на линии 2	0,89	0,85	0,78	0,115	1,02	1,28	2,22	0,122
Обрыв фазы «С» на линии 1	0,78	0,72	0,28	0,08	2,22	2,24	2,38	0,08
Обрыв фазы «С» на линии 2	0,84	0,83	0,78	0,08	2,26	1,28	0,95	0,05

Таблица 2.

Параметры модели линии электропередач											
Параметры	$R_{Л.}$, Ом			$X_{Л.}$, Ом			$R_{Н.}$,Ом			$C_{Л.}$, мкФ.	$C_{Л.}$,мкФ.
	А	В	С	А	В	С	А	В	С	Фаза-земля	Фаза-фаза
Линия 1	10,5	10,5	10,5	1,3	1,3	1,3	144	148	149	0,022	0,045
Линия 2	4,2	4,2	4,2	1,3	1,3	1,3	552	549	554	0,011	0,022

Выводы. Все вышеприведенные сведения подтверждают многофункциональность испытуемого устройства, а отсутствие второго сердечника и пазов в первом сердечнике одновременно снижает стоимостиь и сложность реализации конструкции *первичных измерительных преобразователей тока*.

Литература

1. Иманакунова Ж.С., Сатаркулов К.А., Тажибаев К. Сборник трудов шестой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Энергетика: Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Том 1. Электроэнергетика. Благовещенск-2011.

УДК.: 621.793.182

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ДЕФЕКТНОГО СЛОЯ С ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ДУГОВЫМ РАЗРЯДОМ В ВАКУУМЕ

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DEFECT LAYER REMOVAL PROCESSES FROM THE SURFACE OF PARTS WITH ARC DISCHARGE IN VACUUM

Сартов Т.Э.
КГТУ им. И.Раззакова,
ste-61@mail.ru

Conducted research of the distribution of cathode spots on the surface of metals, which have a defect layer. The parameters of the processes that influence the distribution of cathode spots on the surface of the workpiece.

Как известно, большинство деталей машиностроения в процессе изготовления подвергаются термическому, химическому и другим видам воздействий, в результате чего на поверхности детали появляется дефектный слой (окалина, смазка, жировые пленки, окисные пленки, загрязнения), который необходимо удалить с целью подготовки поверхности для последующих технологических операций.

Можно выделить следующие наиболее характерные технологические процессы, требующие предварительного удаления с поверхности дефектного слоя:

- нанесение различных покрытий для повышения ресурса и надежности работы деталей;
- визуальное дефектоскопирование поверхностей на наличие поверхностных трещин;
- сварка и пайка деталей с гарантированной прочностью соединения без появления несваренных участков или сквозных прожогов.

Одним из эффективных методов удаления дефектного слоя с поверхностей деталей является использование дугового разряда в вакууме [1, 2, 3]. При давлении остаточных газов в зоне разряда $10^{-1} \div 10^{-4}$ тор, катодные пятна дуги воздействуют только на поверхностные загрязнения, перемещаясь по поверхности катода (детали), задерживаются преимущественно на окалине и загрязнениях и производят их испарение за счет высокой плотности энергии, выделяющихся в зоне пятен (до $10^7\ Вт/см^2$).

Локализация катодных пятен и их управляемое сканирование по обрабатываемой поверхности является важной задачей при разработке технологического процесса удаления дефектного слоя с поверхности деталей.

В данной работе проводится экспериментальное исследование закономерностей распределения катодных пятен на обрабатываемой поверхности.

Экспериментальная установка (рис.1) состоит из вакуумной камеры 1, источника питания 2, системы 3 вакуумной откачки, системы 4 охлаждения, привода вращения 5, привода осевого перемещения 6, блока 7 поджига разряда. Напряжение и ток разряда измерялись вольтметром 8 и амперметром 9, встроенными в источник питания. Остаточное давление в камере контролировалось вакуумметром 10. На рис. 2 показан общий вид экспериментальной установки.

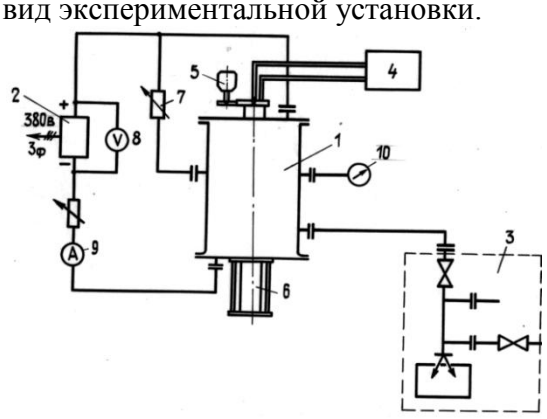


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки

Использованный в качестве источника питания экспериментальной установки универсальный сварочный выпрямитель серии ВДУ-504 с падающей внешней характеристикой обеспечивает плавное дистанционное регулирование выходных тока и напряжения, стабилизацию установленного режима удаления ДС и выходных параметров при изменениях напряжения сети. Предел регулирования тока 70-500 А, напряжение на разряде U = 18-50 В, напряжения холостого хода Uх.х. = 72-78 В, мощность 40 кВт.

Система вакуумной откачки выполнена на базе механического насоса типа ВН-2МГ и диффузионного насоса АВП-0,5, и обеспечивала остаточное давление в камере до 10^{-5} кПа, с быстротой откачки 0,200 $м^3/с$.

Блок поджига разряда (в начальныйной установки момент обработки детали) состоит из поджигающего электрода, выполненного из молибденовой проволоки диаметром 6 мм и подключенного к положительному полюсу источника через балластное сопротивление.

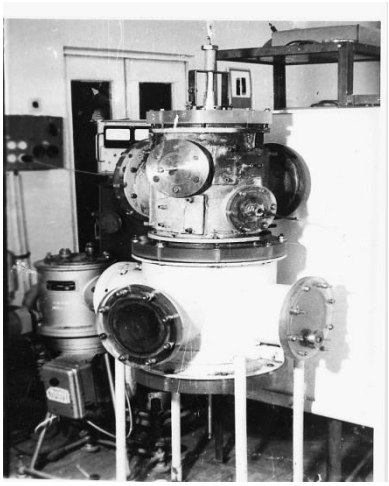


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

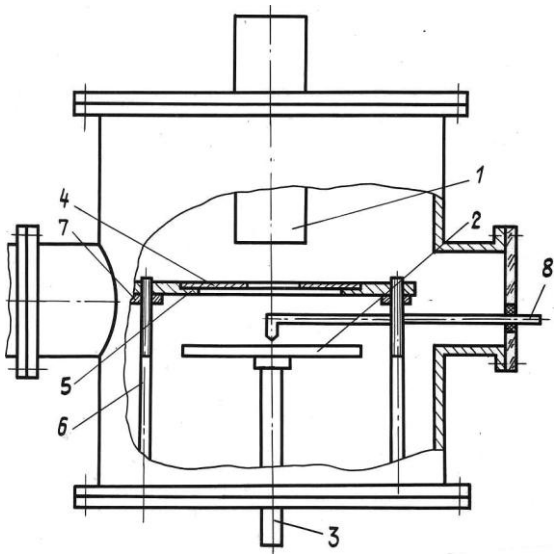


Рис. 3. Внутрикамерное приспособление

При проведении данных исследований использовалась нижняя камера экспериментальной установки, в которой установлено внутрикамерное приспособление (рис. 3). Между электродом 1 и образцом 2, установленных на катоде 3, находится электроизолированный экран 4, размещенный на держателе 5, причем держатель 5 крепится на камеру с помощью болтов 6, на которых имеются регулировочные гайки 7 для регулировки по высоте. Поджиг разряда осуществлялся через дополнительный электрод 8 в виде молибденовой проволоки диаметром 6 мм.

В качестве образцов для исследования применялись пластины (160Х200) из стали 11КП толщиной окалины около 5÷7 мкм. В табл. 1 даны размеры использованных электроизолированных экранов и электродов.

Таблица 1.

Диаметр электрода dA, мм	Ширина паза в экране d, мм
30	15, 20, 30
60	35, 40, 60

Данные исследования включали в себя изучение влияния на распределение катодных пятен на обрабатываемой поверхности таких параметров процесса, как ток J разряда, время t воздействия, также – межэлектродное расстояние h, диаметр d щели в экране, расстояние K до места токосъема с катода (рис.4).

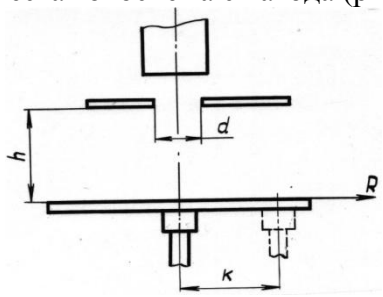
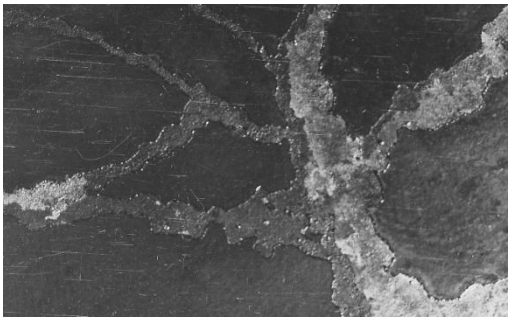
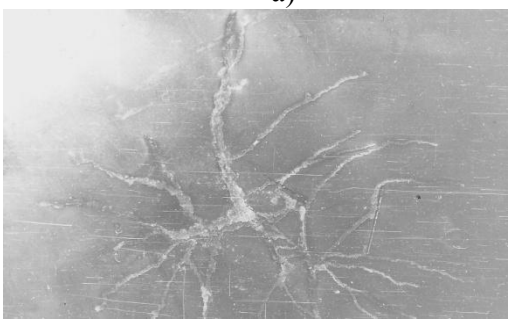


Рис. 4. Схема конструктивных параметров

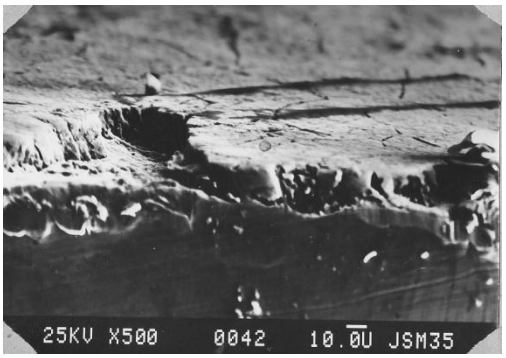
Изучение поверхности обработанных образцов проводилось методом “автографов”, то есть следов оставляемых катодными пятнами на поверхности.



а)



б)



в)

Рис. 5. «Автографы» катодных пятен на поверхности стали 11КП. а) – вид поверхности металла после воздействия пятен, б) – увеличенный участок, в) – шлиф окончания следа катодного пятна, увеличенный 500 раз.

Производится оценка количества следов, их длина и ширина. На рис. 5 представлены следы, оставленные пятнами на обрабатываемой поверхности стали 11КП. Также изображен шлиф окончания следа пятна, увеличенный в 500 раз.

Оценивалось отношение площади So поверхности подвергнутой воздействию катодными пятнами, ко всей площади S - обработки, на различных расстояниях от центра проекции электрода на обрабатываемой поверхности. Измерение площади So проводилось с помощью прозрачного шаблона, который накладывался на обработанную поверхность. При этом на шаблоне прочерчены концентричные окружности различных диаметров. Отношение So/S оценивалось по длинам дуг окружностей характеризующих участки, где удален ДС. Для наглядности, на всех графиках экспериментально полученные точки не указывались а были аппроксимированы в плавные линии.

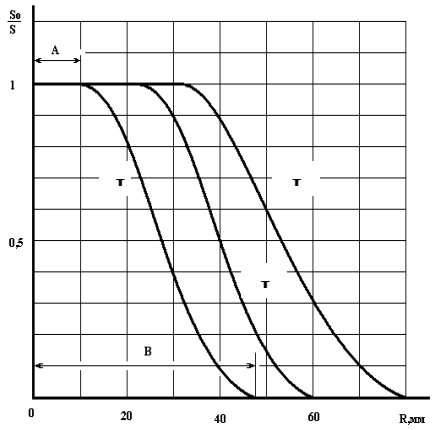


Рис.6. Зависимость изменения относительной площади, подверженной воздействию пятен, от расстояния R: I - Jt = 500 Кл; II – Jt = 1000 Кл; III – Jt =1500 Кл

Представлена также зависимость отношения So/S от расстояния R от центра проекции электрода на обрабатываемую поверхность при различном заряде Jt за время горения разряда. Как видно, в центре зоны обработки достигается полное удаление ДС, и по мере увеличения расстояния R удельная площадь воздействия пятен уменьшается. С увеличением величины заряда Jt протекшего при горении разряда, расстояние A, характеризующее зону полного удаления ДС (So/S=I), возрастает, величина B, характеризующая максимальное расстояние, на которое воздействуют катодные пятна, также увеличивается, но более медленно.

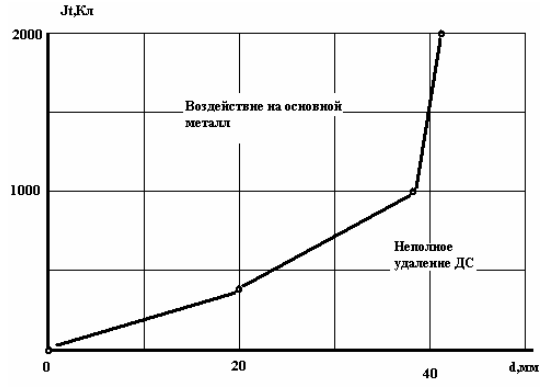


Рис. 7. Зависимость величины заряда от ширины щелевого паза на экране.

Рост величины A вместе с возрастанием площади полного удаления ДС ведет к увеличению эрозии основного материала в центре (R=0), что приводит к неравномерности обработки и нежелательным изменениям структуры поверхностного слоя основного металла. Степень эрозии основного металла оценивалась косвенно, через шероховатость поверхности (т.е. отношение шероховатостей поверхности после и до обработки). Для достижения однородности распределения катодных пятен в зоне обработки необходимо привести в соответствие значения Jt, что является технологическим параметром процесса, и такого конструктивного параметра как d-размер отверстия в экране. На рис. 7 показан график зависимости протекшего заряда Jt от размера d отверстия в экране при условии максимума полностью обработанной площади. Видно, что оптимальный диапазон размеров отверстия (щели) в электроизолированном экране лежит в пределах от 10 мм до 20.

При d/2> 20 мм происходит резкое увеличение потребного заряда для полного удаления ДС. Снизу этот диапазон ограничен по соображениям обеспечения необходимой интенсивности обработки. Также важным конструктивным параметром, влияющим на распределение катодных пятен, является межэлектродное расстояние h. От значения h во многом зависит максимальное расстояние B ухода катодных пятен от центра (от начала координат R). Из зависимости представленной на рис. 8, видно, что значение B прямо пропорционально h.

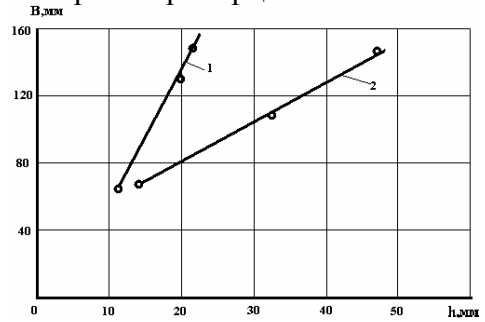


Рис. 8. Зависимость величины B от межэлектродного расстояния h: 1 – z = 10….12 мкм; 2 – z = 40мкм

Это подтверждает тот факт, что в зоне прямой видимости между поверхностями анода (электрода) и катода (детали) создаются более благоприятные условия для эмиссии электронов с поверхности катода внутри этой зоны. С другой стороны, резкое увеличение зоны воздействия пятен приводит к уменьшению доли поверхности с равномерно удаленным ДС (рис. 9).

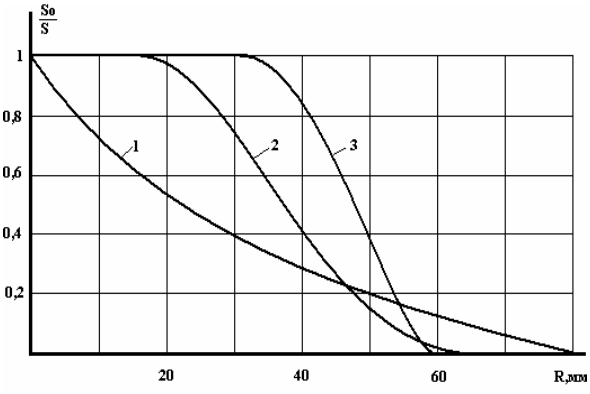


Рис. 9. Зависимость изменения относительной площади, подверженной воздействию пятен по R и межэлектродному расстоянию:
1 – h = 60 мм; 2 – h = 30мм;
3 – h = 15мм.

При больших h величина А уменьшается, что приводит к уменьшению равномерного удаления ДС. Полная равномерность обработки достигается при малых значениях h. В принципе для плоских поверхностей деталей легко достичь равномерности удаления ДС, выбирая межэлектродное расстояние очень маленьким, при этом оставив зазоры между электродом и экраном, экраном и поверхностью детали.

В результате указанных исследований было экспериментально определено следующее:

- на распределение катодных пятен на обрабатываемой поверхности внутри зоны стабилизации оказывают влияние величина протекающего заряда Jt, межэлектродное расстояние h, размер щели в экране;
- для достижения однородности распределения катодных пятен при минимальных энергозатратах рекомендуется размер ширины паза в экране выдерживать в пределах 10…20 мм;
- с увеличением межэлектродного расстояния h увеличивается площадь возможного воздействия катодных пятен, но при этом доля обработанной поверхности уменьшается; полная равномерность обработки достигается при минимально возможных h, которая зависит от геометрических размеров обрабатываемой детали.

Литература

1. Булат В.Е., Эстерлис М.Х. Очистка металлических изделий от окалины, окисной пленки и загрязнений электродуговым разрядом в вакууме // Физика и химия обработки материалов. – 1987. - №3. – С. 49-53.
2. Л.И. Волчкевич, М.Э. Эстерлис, В.В. Жуков, Т.Э. Сартов. Обработка полузакрытых внутренних поверхностей изделий избирательным разрядом в вакууме // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Разработка и промышленная реализация новых механических и физико-химических методов обработки». – М., 1988. – С. 161.
3. Сартов Т.Э. Тепловая модель катодного пятна вакуумной дуги // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2011. - №24. – С. 472-476.

УДК.: 62-503.55-022.362:004.031

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С СИСТЕМОЙ ПЧ-АД
THE SELECTION OF OPTIMAL CONTROL OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH FC-AE SYSTEM

Актаев Э.Т.,
Алматинский университет энергетики и связи

В статье рассматривается методика получения математического аппарата, позволяющего формировать оптимальное управляющее воздействие на систему ПЧ-АД для снижения динамических нагрузок при пуске асинхронного двигателя электромобиля с простейшей автоматической коробкой передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями.

The article describes a technique to obtain the mathematical apparatus which produces the optimal control action on the system Converter-AE to reduce the dynamic loads at start-up with a simple asynchronous engine of electric car with automatic transmission as a closed differential mechanism with two degrees.

Введение. Необходимость формирования плавно протекающих переходных процессов в асинхронных электроприводах обусловлена тем, что асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором при прямом пуске имеет не совсем удовлетворяющие требованиям характеристики.

Особенностью прямого пуска асинхронного двигателя является возникновение больших электромагнитных моментов токов этого двигателя. Большие броски электромагнитных моментов и токов могут вызвать опасные динамические нагрузки в обмотках электродвигателей и в элементах кинематической цепи электропривода. Формирование ровных переходных процессов при пуске и торможении обеспечивает исключение больших динамических нагрузок, что увеличивает срок службы электродвигателя [2]. Снижение этих динамических нагрузок и обеспечение плавного пуска асинхронного двигателя, с системой преобразователь частоты - асинхронный двигатель (ПЧ-АД), возможно при оптимальном управляющем воздействии на систему этого электропривода. Структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД с обратными связями по скорости и напряжению представлена на рис. 1.

Цели и методы. Представленная структурная схема (рис.1) системы *ПЧ-АД* создана на основе [5], в которой приняты следующие обозначения [3]:

β – модуль жесткости линеаризованной механической характеристики АД;

$T_э$ – эквивалентная электромагнитная постоянная времени статора и ротора АД;

$k_{пч}$ – переходной коэффициент *ПЧ*;

$T_{пч}$ – постоянная времени цепи управления *ПЧ*;

$T_м$ – электромеханическая постоянная времени цепи управления *ПЧ*;

T_1, T_2 – постоянная времени регулятора скорости (*РС*).

Математической описание замкнутой системы *ПЧ-АД* можно представить в следующем виде:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{d\Delta\omega}{dt} = y;\\
&\frac{dy}{dt} = \frac{1}{T_э T_м}\Delta U_{пр} - \frac{1}{T_э} y - \frac{1}{T_э T_м}\Delta\omega;\\
&\frac{dU_{пр}}{dt} = \frac{k_{пч}}{T_{пч}}\Delta U_{рс} - \frac{k_{пч}}{T_{пч}} U_{пр};\\
&\frac{d\Delta U_{рс}}{dt} = \frac{T_1}{T_2}\frac{du}{dt} + \frac{T_1}{T_2}u + \left(\frac{T_1 k_0 k_p}{T_2 T_{пч}} - \frac{k_o k_p}{T_2}\right)\Delta U_{пр} -\\
&-\frac{T_1 k_{ос} k_\omega}{T_2} y - \frac{T_1 k_{ос} k_\omega}{T_2}\Delta\omega - \left(\frac{T_1 k_{ос} k_p k_{пч}}{T_2 T_{пч}} - \frac{k_o k_p}{T_2}\right)\Delta U_{рс},
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

или:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{dx_1}{dt} = x_2;\\
&\frac{dx_2}{dt} = a_1 x_3 - a_2 x_2 - a_3 x_1;\\
&\frac{dx_3}{dt} = a_4 x_4 - a_5 x_3;\\
&\frac{dx_4}{dt} = a_6\frac{du}{dt} + a_7 u + a_8 x_3 - a_9 x_2 - a_{10} x_4,
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

где $x_1 = \Delta\omega$; $x_2 = y$; $x_3 = U_{пр}$; $x_4 = U_{рс}$; $a_1 = 1/\ T_э \cdot T_м$; $a_2 = 1/T_э$; $a_3 = a_1$; $a_4 = k_{пч}/T_{пч}$;

$a_5 = 1/T_{пч}$; $a_6 = T_1/T_2$; $a_7 = 1/T_2$; $a_7 = 1/T_2$; $a_8 = \left(\frac{T_1 k_{ос} k_p}{T_2 T_{пч}} - \frac{k_{ос} k_p}{T_2}\right)$; $a_9 = T_1 k_{ос} k_\omega\ /T_2$;

$a_{10} = k_{ос} k_\omega\ /T_2$; $a_{11} = \left(\frac{T_1 k_{ос} k_p k_{пч}}{T_2 T_{пч}} - \frac{1}{T_2}\right)$; $\Delta\omega$ – частота вращения двигателя; $\Delta U_{пр}$ – напряжение на выходе преобразователя частоты; $\Delta U_{рс}$ – напряжение на выходе регулятора скорости; u – управление (управляющее воздействие).

Для определения переходного процесса оптимального управляющего воздействия системы ПЧ-АД применяется классическое вариационное исчисление по квадратичному критерию качества [4]. Выбираем обобщенный интегральный критерий качества в виде:

$$J\ u\ = \int_0^\infty \left(\sum_{i=1}^{4} x_i^2 + u^2 + cu^2\right) dt, \quad (3)$$

здесь c – весовой коэффициент производной.

Уравнения системы дифференциальных уравнений (2) с дополнительным уравнением $du/dt = z$ принимают вид:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= x_2;\\
\frac{dx_2}{dt} &= a_1x_3 - a_2x_2 - a_3x_1;\\
\frac{dx_3}{dt} &= a_4x_4 - a_5x_3;\\
\frac{dx_4}{dt} &= a_6z + a_7x_5 + a_8x_3 - a_9x_2 - a_{10}x_4 - a_{11}x_1;\\
\frac{dx_5}{dt} &= z,
\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

где $x_5 = u$; $z = f\ \ u$.

Так как критерий оптимальности содержит производную управления du/dt, то уравнения связи (2) с учетом дополнительного уравнения $du/dt = z$ запишем в следующей форме:

$$\left.\begin{aligned}
\varphi_1 &= \left(\ \dot{x}_1 - x_2\right);\\
\varphi_2 &= \left(\ \dot{x}_2 - a_1x_2 + a_2x_2 + a_2x_1\right) = 0;\\
\varphi_3 &= \left(\ \dot{x}_3 - a_4x_4 - a_5x_3\right) = 0;\\
\varphi_4 &= \left(\ \dot{x}_4 - a_6z - a_7x_5 - a_8x_3 + a_9x_2 + a_{10}x_4 + a_{11}x_1\right) = 0;\\
\varphi_5 &= \left(\ \dot{x}_5 - z\right) = 0.
\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Составим функцию:

$$\begin{aligned}
\Phi = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + cz + \lambda_1\left(\ \dot{x}_1 - x_2\right) + \lambda_2\left(\ \dot{x}_2 - a_1x_2 + a_2x_2 + a_3x_1\right) +\\
+\lambda_3\left(\ \dot{x}_3 - a_4x_4 + a_5x_3\right) + \lambda_4\left(\ \dot{x}_4 - a_6z - a_7x_5 - a_8x_3 + a_9x_2 + a_{10}x_4 + a_{11}x_1\right) + \lambda_5\left(\ \dot{x}_5 - z\right)\cdot
\end{aligned} \qquad (6)$$

На основе уравнения Эйлера получим:

$$\left.\begin{aligned}
d\lambda_1/dt &= 2x_2 + a_2\lambda_2 + a_4\lambda_4;\\
d\lambda_2/dt &= 2x_2 - \lambda_1 + a_2\lambda_2 + a_2\lambda_4;\\
d\lambda_3/dt &= 2x_3 - a_1\lambda_2 + a_5\lambda_3 - a_2\lambda_4;\\
d\lambda_4/dt &= 2x_4 - a_4\lambda_3 + a_{10}\lambda_4;\\
d\lambda_5/dt &= 2x_5 - a_7\lambda_4.
\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Из уравнения

$$\frac{d\Phi}{dz} - \frac{d}{dt}\frac{d\Phi}{dz} = 2cz - a_6\lambda_4 - \lambda_5 = 0$$

определяем z

$$z = \left(\frac{a_6}{2c}\right)\lambda_4 + \left(\frac{1}{2c}\right)\lambda_5. \qquad (8)$$

Подставляем полученное значение z в уравнение (4) и с учетом уравнений (7) получим следующую систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
&dy_1/dt = y_2;\\
&dy_2/dt = a_1y_2 - a_2y_2 + a_3y_1;\\
&dy_3/dt = a_4y_4 - a_5y_2;\\
&dy_4/dt = \left(\frac{a_6}{2c}\right)y_9 + \left(\frac{1}{2c}\right)y_{10} + a_7y_5 + a_8y_2 - a_9y_2 - a_{10}y_4 - a_{11}y_1;\\
&dy_5/dt = \left(\frac{a_6}{2c}\right)y_9 + \left(\frac{1}{2c}\right)y_{10};\\
&dy_6/dt = 2y_1 + a_1y_7 + a_{11}y_9;\\
&dy_7/dt = 2y_1 - y_6 + a_2y_7 + a_9y_9;\\
&dy_8/dt = 2y_3 - a_3y_7 + a_5y_8 - a_8y_9;\\
&dy_9/dt = 2y_4 - a_4y_8 + a_{10}y_9;\\
&dy_{10}/dt = 2y_5 - a_7y_9,
\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

где $y_i = x_i;\ y_j = \lambda_i \quad i = 1,5;\ j = 6,1$.

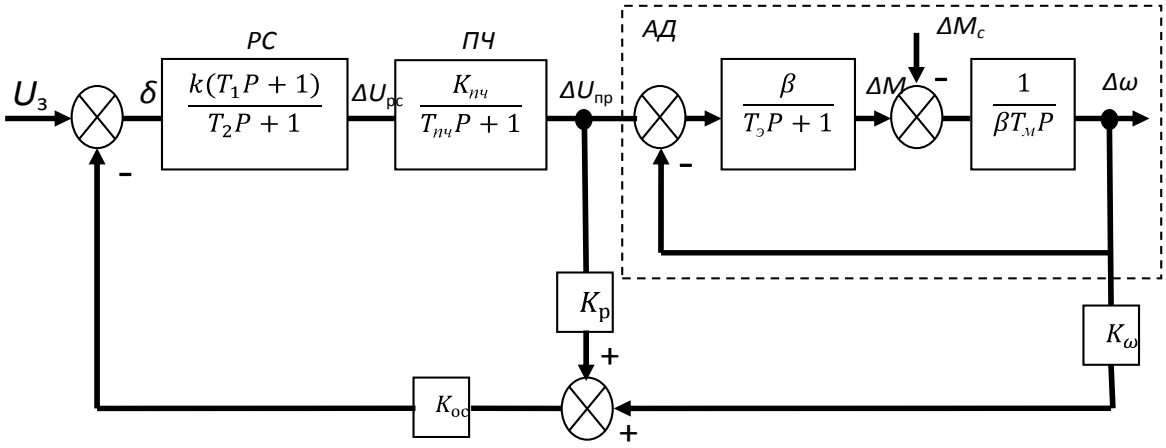


Рис. 1. Структурная схема системы ПЧ-АД с обратными связями по скорости и напряжению.

Результаты исследований. Коэффициенты a_i системы уравнений (9) для решения задачи определения оптимального задающего воздействия на систему ПЧ-АД рассчитывались на основе параметров асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа 4АМ132S4, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры системы ПЧ-АД

Коэффициенты	$К_{пч}$	$К_{ос}$	$К_{ω}$	$К_{р}$	$Т_{э}$,с	$Т_{м}$,с	$Т_{пч}$,с	$Т_{1}$,с	$Т_{2}$,с
значения	5	0,1	0,5	0,2	0,02	0,1	0,001	0,05	0,1

Расчет оптимального управляющего воздействия производится по программе [1] в системе Matlab 7. График переходного процесса оптимального управляющего воздействия на систему ПЧ-АД с обратными связями по скорости и напряжению представлен на рис. 2.

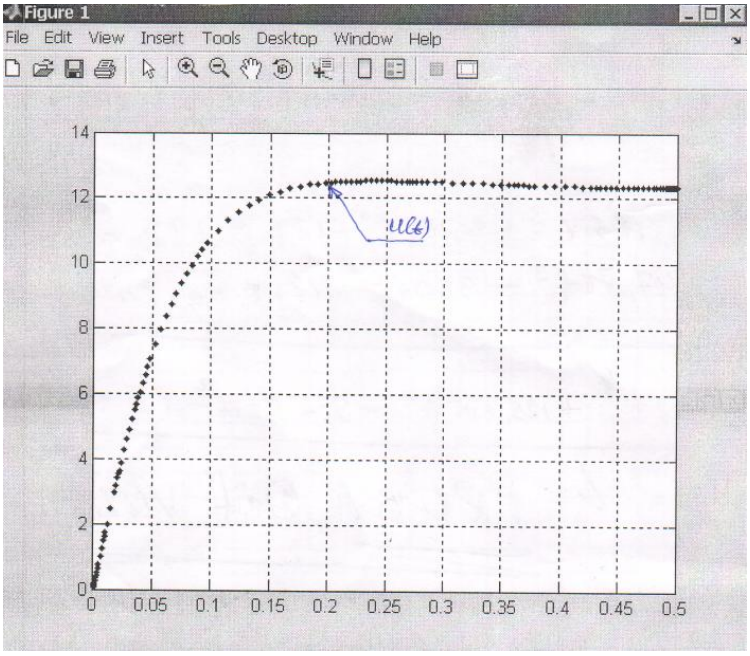


Рис. 2. График переходного процесса оптимального управляющего воздействия на систему ПЧ-АД.

Выводы:

1. Для обеспечения плавного пуска асинхронного двигателя, в системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель с целью приведения электромобиля в движение с использованием простейшей автоматической коробки передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями в канал управления электроприводом требуется ввести вычислительное устройство.
2. Полученный математический аппарат позволяет формировать оптимальное управляющее воздействие на систему ПЧ-АД для снижения динамических нагрузок.

Литература

1. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. СПТ.: БХВ – Петербург, 2005. 1104с.

УДК.: 62-503.57:52-587.5

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АДАПТИВНЫМ РЕДУКТОРОМ В КОНСТРУКЦИИ МОТОР – КОЛЕСА
APPLICATION OF ELECTRIC DRIVE WITH ADAPTIVE GEARBOX IN MOTOR - WHEELS DESIGN

Актаев Э.Т.,
Алматинский университет энергетики и связи

В статье рассматривается возможность использования простейшей автоматической коробки передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями для приведения электромобиля в движение. Раскрываются вопросы регулирования скорости в системе мотор – колесо за счет установки частотно-регулируемого асинхронного двигателя на вал автоматической коробки передач.

The possibility of using a simple automatic transmission as a closed differential mechanism with two degrees to bring the electric vehicle in motion. Focus on issues speed control of the engine – wheel system by installing asynchronous variable frequency motor to the automatic transmission shaft.

Введение. Электродвигатель отличается от двигателя внутреннего сгорания существенной простотой. Это позволяет устанавливать двигатель непосредственно в ведущем колесе, то есть использовать мотор – колесо для приведения электромобиля в движение. Однако при этом возникает проблема регулирования скоростей движения ведущих колес как при движении по прямой линии, так и при повороте.

В настоящее время широко используются автоматические коробки передач. Однако конструкция автоматической коробки передач отличается большой сложностью. Автоматическая система управления коробкой передач требует точной настройки и в целом не обеспечивает работу коробки передач, непрерывно адекватную нагрузке автомобиля. Сама коробка передач является громоздким узлом, которую проблематично использовать в мотор-колесе.

Запатентована простейшая автоматическая коробка передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями [1]. Эта коробка передач основана на использовании принципиально нового механического эффекта силовой адаптации. Механизм адаптивной коробки передач имеет возможность самостоятельно и непрерывно изменять передаточное отношение в зависимости от выходного момента сопротивления.

Ранее в работах была исследована теоретически возможность передачи движения в дифференциальном зубчатом механизме с помощью замкнутого контура на основе взаимосвязи кинематических и силовых параметров в кинематической цепи с двумя степенями свободы. Было показано, что замкнутый контур накладывает дополнительную связь на движение звеньев, что приводит к определимости движения кинематической цепи с двумя степенями свободы при наличии только одного входа.

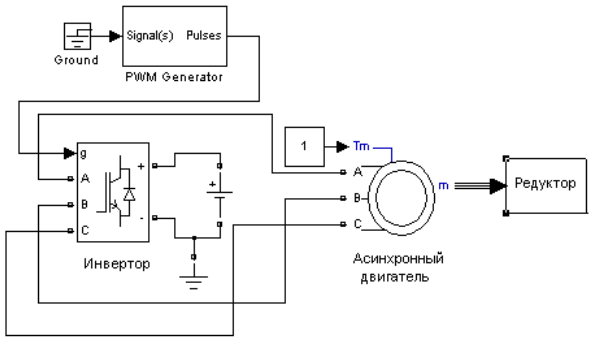


Рис. 1. Функциональная схема асинхронного электропривода.

Цели и методы. Зубчатая бесступенчато регулируемая передача в виде зубчатого замкнутого дифференциально-

го механизма с постоянным зацеплением колес является простейшей передачей такого типа и имеет надежность, соответствующую надежности зубчатого механизма. Указанные свойства позволяют использовать передачу как в легких локальных приводах электромобилей, так и в тяжелых приводах транспортных машин, в том числе в мотор колесах.

Для тягового электропривода рационально использовать асинхронные электродвигатели [2]. В этом случае функциональная схема электропривода изображенная на (рис.1) включает источник питания, управляемый инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный ток заданной частоты, асинхронный электродвигатель приводящий в движение адаптивный редуктор.

Кривые переходного процесса показывают (рис.2), что частота вращения вала асинхронного двигателя плавно нарастает без перерегулирования и электромагнитный момент двигателя находится в допустимых параметрах режима работы.

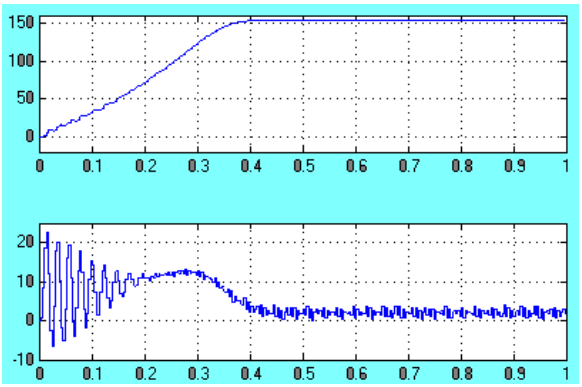


Рис. 2. Осциллограммы переходных процессов частоты вращения вала двигателя и электромагнитного момента.

Результаты исследований. Адаптивный механический редуктор представлен на рисунке 3. Адаптивный малогабаритный механический редуктор представляет собой замкнутый дифференциальный зубчатый механизм с двумя степенями свободы. Эффект силовой адаптации создается за счет наличия двух степеней свободы в механизме с одним входом. Редуктор содержит входное водило H_1, выходное водило H_2, и размещенный между ними четырехзвенный замкнутый контур из зубчатых колес 1 – 2 – 3-6 – 5 – 4. Колеса 1, 4 и 3, 6 объединены в блоки колес 1-4, 3-6.

Во время работы входное водило H_1 передает движение на замкнутый контур 1 – 2 – 3- 6 – 5 – 4, который передает движение на выходное водило H_2. Замкнутый контур 1 – 2 – 3- 6 – 5 – 4 накладывает дополнительную связь на относительное движение звеньев и обеспечивает определимость движения кинематической цепи с двумя степенями свободы при наличии только одного входа. Механизм обеспечивает эффект силовой адаптации: при постоянной **входной мощности** P_1 скорость вращения выходного вала ω_{H2} (выходного водила H_1) находится в обратной пропорциональной зависимости от переменного момента сопротивления M_{H2}:

$$\omega_{H2} = P_1 / M_{H2}.$$

Эта формула соответствует идеальной тяговой характеристике машины с переменным технологическим сопротивлением.

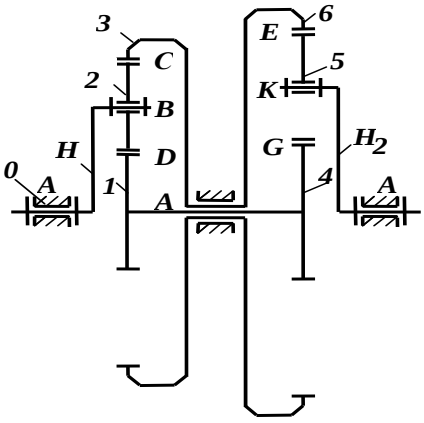


Рис. 3. Адаптивный механический редуктор

Входная движущая сила F_{H1} передается на выходное водило H_2 в виде реакции R_{5H2}, преодолевающей выходную силу сопротивления R_{H2}.

$$R_{H2} = R_{5H2}, \text{ или}$$
$$R_{H2} = F_{H1}(r_1 / r_4 + r_3 / r_6) / 2. \qquad (1)$$

Входная движущая сила соответствует входному движущему моменту $M_{H1} = F_{H1} r_{H1}$. Реакция на выходном сателлите 5 соответствует выходному моменту сопротивления $M_{H2} = R_{5H2} r_{H2}$, т.о.

$$M_{H2} = M_{H1} \frac{r_{H2}}{2r_{H1}} \left(\frac{r_1}{r_4} + \frac{r_3}{r_6}\right). \qquad (2)$$

Выразим горизонтальные составляющие реакций, действующих на сателлиты 2 и 5, через внешние силы:

$$R_{12} = R_{32} = 0.5F_{H1},\ R_{45} = R_{65} = 0.5R_{H2} \quad (3)$$

После подстановки полученных значений в уравнение (3) получим:

$$M_1 = 0.5M_{H1} r_1 / r_{H1},\ M_3 = 0.5M_{H1} r_3 / r_{H1},\quad M_4 = 0.5M_{H2} r_4 / r_{H2},\ M_6 = 0.5M_{H2} r_6 / r_{H2}. \qquad (4)$$

Составляя для каждого сателлита уравнение равновесия, получим

$$R_{12} s_D + R_{32} s_C = F_{H1} s_B,\ R_{45} s_G + R_{65} s_E = F_{H2} s_K.$$

Выразим здесь перемещения s - точек через мгновенные углы поворота звеньев и радиусы

$$s_D = \varphi_1 r_1,\ s_C = \varphi_3 r_3,\ s_B = \varphi_{H1} r_{H1},\ s_G = \varphi_4 r_4,\ s_E = \varphi_6 r_6,\ s_K = \varphi_{H2} r_{H2},$$

$\varphi_1, \varphi_3, \varphi_{H2}, \varphi_4, \varphi_6, \varphi_{H2}$ - мгновенные углы поворота зубчатых колес и водил

С учетом времени получим

$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 = M_{H1}\omega_{H1},\ M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = M_{H2}\omega_{H2}. \qquad (5)$$

Условие взаимодействия параметров механизма в целом

$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 + M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = M_{H1}\omega_{H1} + M_{H2}\omega_{H2}. \qquad (6)$$

В левой части уравнения имеет место сумма мощностей (работ) внутренних сил контура. Так как связи являются идеальными и стационарными, то работа реакций связей равна нулю.

$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 + M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = 0. \quad (7)$$

Следовательно, работа (мощность) внешних сил контура также равна нулю

$$M_{H1}\omega_{H1} + M_{H2}\omega_{H2} = 0. \qquad (8)$$

Уравнение (8) выражает также условие равновесия внешних сил всей кинематической цепи. При одной силе сопротивления число движущих сил окажется на единицу меньше числа начальных звеньев. Тогда уравнение (8) примет вид

$$M_{H1}\omega_{H1} = M_{H2}\omega_{H2}. \qquad (9)$$

В итоге уравнение (9) означает, что статически и кинематический определимый подвижный контур находится в равновесии под действием произвольных внешних сил.

Из формулы (9) можно определить величину выходной угловой скорости.

$$\omega_{H2} = M_{H1}\omega_{H1} / M_{H2}. \qquad (10)$$

Согласно формуле (10) при постоянной входной мощности выходная угловая скорость находится в обратной пропорциональной зависимости от переменного выходного момента сопротивления M_{H2}. Эта зависимость выражает эффект силовой адаптации выходного звена к переменной нагрузке.

Выводы. 1. Адаптивный механический редуктор в виде зубчатого замкнутого дифференциального механизма с постоянным зацеплением колес является простейшей передачей такого типа и имеет надежность, соответствующую надежности зубчатого механизма.

2. Эффект силовой адаптации позволяет создавать адаптивные бесступенчатые передаточные механизмы с самостоятельно регулируемым передаточным отношением типа вариаторов, в которых изменение передаточного отношения обеспечивается самим механизмом без внешнего управления.

3. Общий эффект системы равен произведению положительных свойств

отдельно взятых составляющих, т.е. их одновременное использование: механической силовой адаптации и частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Литература

1. Ivanov K.S. The Question of the Synthesis of Mechanical Automatic Variable Speed Drives.// Proceedings of the Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol.1, Politechnico di Milano, Italy, August 29/Sept 2, 1995. P. 580 – 584.
2. Терехов В.Н., Осипов О.И., - Системы управления электроприводов. - М.: Академия, 2000

УДК.:656.614.2(1-28)(100)(575.2)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК В КЫРГЫЗСТАНЕ
ANALYSIS OF A CONDITION LONG-DISTANCE AND INTERNATIONAL BUS TRANSPORTATIONS IN KYRGYZSTAN

Бопушев Р.Т.,
КГТУ им. И. Раззакова

Приведен анализ перевозки пассажиров автобусами в Кыргызстане по междугородным и международным маршрутам изучены вопросы, связанные с определением количеством перевозимых пассажиров, сумма реализация билетов и количество рейсов, даны рекомендации по использованию при перевозке пассажиров автобусов большой пассажировместимости.

The analysis of transportation of passengers by buses is provided in Kyrgyzstan on long-distance and the international routes, studied the questions connected after definition of number of transported passengers, the sum implementation of tickets and number of flights, recommendations about use in transit passengers by buses big passenger capacity.

В настоящее время пассажирские автобусные перевозки осуществляются в пределах городов, пригородов, есть междугородное и международное сообщение благодаря в основном общественному транспорту. Причем автомобильный транспорт играет существенную роль, если не сказать основную, в удовлетворении спроса на перевозки пассажиров. Перевозки с минимальными транспортными затратами являются основной задачей, стоящей перед службой эксплуатации пассажирского автотранспортного предприятия.

Поэтому перед перевозчиками встает проблема выбора подвижного состава, в наибольшей степени удовлетворяющего требованиям потребителей Кыргызстана. Ее решение - сложная многовариантная задача, так как до сих пор не разработана концепция, то есть не сложилось четкое понимание того, какой автобус нам нужен, исходя из особенностей условий эксплуатации. В регионах нашей страны автобусные перевозки пассажиров занимают ведущее положение среди других видов общественного транспорта. Только, пожалуй, в Бишкеке объем выполняемых автобусами перевозок несколько уступает другому наземному транспорту – маршрутным такси. Но и здесь удельный вес автобусных перевозок пассажиров растет, а маршрутных такси постепенно падает. Развитие автобусного движения в нашей стране происходит в условиях ожесточенной конкурентной борьбы за пассажиров с другими видами транспорта – троллейбусом, маршрутным такси, железными дорогами, воздушным транспортом и, конечно, легковыми автомобилями. И если автобусные перевозки

успешно выдерживают конкурентную борьбу, то это объясняется, во - первых, теми преимуществами, которые имеет автобусный транспорт по сравнению с другими видами общественных перевозок, а во-вторых, техническим прогрессом новыми формами эксплуатации подвижного состава и организацией труда на автобусных перевозках.

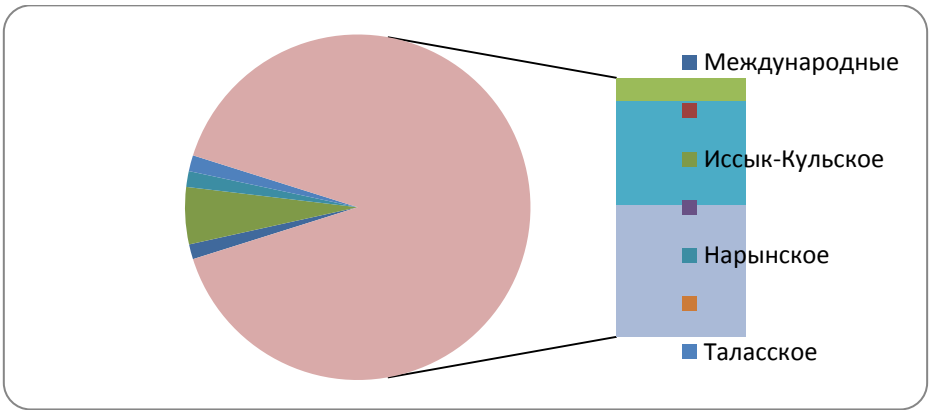
Качество пассажироперевозок оценивают регулярностью движения автобусов, величиной маршрутного интервала, наполнением автобусов, затратами времени населения в поездках, скоростью сообщения и комфортабельностью транспортного обслуживания правда рост качества приводит к росту себестоимости перевозок. Качество перевозок предлагается оценивать по расходу времени (времени подхода пассажира к остановочному пункту, ожидания посадки и следования от остановочного пункта к цели поездки) [3].

Выбор автобуса для перевозки пассажиров на междугородном автобусном маршруте определяется дорожными условиями и протяженностью маршрута, мощностью пассажиропотока, условиями и удобствами проезда пассажиров, методами организации труда водителей - экономической эффективностью и рентабельностью эксплуатации автобусов.

Нами были проведен анализ междугородных и международных перевозок пассажиров, осуществляемых автомобильным транспортом в за один месяц 2012 года.

Анализ перевозки пассажиров по направлениям за месяц 2012 год

№ п/п	Направлениие	с 01.01 – 31.01.2011 г.г.			с 01.01 – 31.01.2012 г.г.			Разница суммы реализ. относител. прош.года
		Кол. рейс.	Кол. пасс.	Сумма реализ.	Кол. рейс.	Кол. пасс.	Сумма реализ.	
1	Международные	164	2633	3482420	145	2611	3248365	-234055 0,93 %
2	Иссык-Кульское	624	5490	990526	671	5900	1121711	+131185 113,5 %
3	Нарынское	173	3678	984048	173	3634	1032938	+48890 105,0 %
4	Таласское	175	2267	467760	162	2114	473200	+5440 101,2 %
	Итого по м/г	**970**	**11403**	**2442334**	**1006**	**11648**	**2627849**	**+185515 107,6 %**
5	Пригородные	4227	25435	721057	9518	41721	1173752	+452695 162,8 %
	ВСЕГО:	**5361**	**39471**	**6645811**	**10669**	**55980**	**7049966**	**+404155 106,1 %**



Заключение

Проведенный нами анализ показывает, что производительность автобуса является основным обобщающим показателем эффективности использования подвижного состава. Проанализировав производительность перевозки пассажиров, можно сделать вывод, что на нее прямо пропорционально влияют вместимость подвижного состава, коэффициент использования, коэффициент сменности пассажиров, а обратно пропорционально – время рейса. Как показал анализ технологии перевозок пассажиров автобусами в городе Бишкек, среднечасовая наполняемость автобусов низкая, следовательно, для повышения производительности необходимо увеличивать коэффициент использования вместимости путем рациональной организации движения автобусов на маршрутах, то есть, в зависимости от пассажиропотока определять необходимое количества единиц подвижного состава по часам суток, а также его оптимальную вместимость.

Литература

1. В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. Учебник для высших учебных заведений «Пассажирские автомобильные перевозки». Под ред. В.А. Гудкова.-М.: Горячая линия – телеком. 2006-448 с.:ил.
2. О.Н. Пикалев. Разработка методики оценки конкурентоспособности автобусов для междугородных пассажирских перевозок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10.- Вологда, 2000.- 262 с.: ил. РГБ ОД, 61 00-5/2908-2
3. А.О. Аррак Развитие и эффективность пассажирских перевозок, - Таллин, 1981.
4. http://avtoturistu.ru

УДК.:330.34:656.072:656.022.836(575.2)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АНАЛИЗ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖДУГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ КЫРГЫЗСТАНА
PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND THE ANALYSIS OF PASSENGER TRAFFIC IN THE LONG-DISTANCE MESSAGE OF KYRGYZSTAN

Бопушев Р.Т.,
КГТУ им. И. Раззакова

Проведен анализ перспективы развития автобусных перевозок, количество и качество перевозки пассажиров автобусами на междугородном сообщении, проверены количество мест для комфортабельности, права пассажиров и водителей, изучены схема маршрута и расписание движения, рекомендации по использованию автобусов при перевозке пассажиров. Необходимо предусмотреть положение о перевозке пассажиров, усовершенствовать качество перевозок и увеличить количество автобусов более современного типа.

The analysis of the prospects for bus transportation, the number and quality of the transport of passengers on intercity buses, checking the number of seats for comfort, the right of the passengers and the driver circuit studied the route and the timetable, the recommendations for the use of buses for passengers and for their development should be provisions for passengers, to improve the quality of transport and increase the number of buses more modern type.

Автобусные перевозки являются комфортными, недорогими и быстрыми они особенно популярны в междугородном сообщении, они имеют целый ряд преимуществ перед другими видами перевозок, и по праву считаются самым привлекательным вариантом выбора для поездок внутри страны.

Перспективы потребности страны в осуществлении основных видов перевозок должны быть обеспечены различными типами автобусов при высокой их производительности, экономичной работе, комфортабельности и безопасности поездок. Для междугородных перевозок необходимы автобусы трех классов: ма-

лого, среднего и большого. Малые вместимостью 20-25 чел. с небольшими удобствами для маршрутов протяженностью 50-200 км. Средние – вместимостью 30-35 чел. с нормальным уровнем комфорта (регулируемые сидения, багажные отделения, гардероб в задней части салона, к которой примыкает моторный отсек). Большие автобусы желательно выпускать в двух исполнениях: нормального (40-45 чел.) и повышенного комфорта (32-35 чел.) с наибольшими удобствами для проезда пассажиров (бар, холодильник, туалет, кондиционер и т. д.). Все автобусы междугородного типа должны иметь шторы на окнах, эффективные системы вентиляции и отопления, достаточную освещенность в темное время суток.

Таблица 1

Назначение (тип) автобусов	Вместимость (класс) автобусов, чел.				
	Особо малая	Малая	Средняя	Большая	Особо большая
Городские	–	–	60–70	90–95	110–125
Пригородные	–	–	60–65	78–85	–
Междугородные	–	20–25	30–35	40–45	–
Сельские:					
4 x 2	10	30–35	–	–	–
4 x 4	–	25–30	55–60	–	–
Маршрутные такси	15–18	–	–	–	–

Автобусные перевозки приобретают сейчас еще большее распространение, но в основном на современных трассах, которые обеспечивают комфортное движение автотранспорта на высоких скоростях. В частности, из Бишкека в Балыкчи (и обратно) можно добраться быстро, безопасно и комфортно, так как соответствующая инфраструктура уже создана, и отвечает новейшим европейским стандартам.

Перевозка пассажиров по междугородным и пригородным маршрутам на территории Кыргызстана осуществляется на основании договора предприятий с Министерством транспорта и коммуникаций.

Целью данной работы является аналитический обзор проблем междугородных пассажирских перевозок в Кыргызстане, осуществляемых автобусами, и рекомендация возможных мероприятий и путей их решения.

Основные факторы, влияющие на осуществление перевозки пассажиров в междугородном сообщении: незначительный рост пассажирского автомобильного парка медленное развитие транспортной инфраструктуры, недостатки в организации дорожного движения. Формирование пассажиропотоков происходит под комплексным влиянием множества разнообразных факторов, степень воздействия которых неодинакова. Основным методом изучения тенденций развития пассажирского автотранспорта является прогнозирование.

Прогнозирование в настоящее время рассматривается как обязательная часть процесса перспективного планирования. В прогнозировании основными этапами являются:

- анализ динамики прогнозируемого перевозочного процесса и выявление тенденций его развития;

- выявления важнейших закономерностей прогнозируемого процесса перевозки на основе характеристики этих тенденций;

Составление прогноза перевозок.

Как правило, прогнозы пассажирских перевозок основываются на «закономерностях» полученных в результате натурных обследований передвижений населения.

Конкуренция же рейсовыми автобусами различных предприятий может выражаться только в количестве отправ-

лений за день по каждому конкретному маршруту и в более «выгодном» времени отправления, т.е. в часы максимального пассажиропотока. Но если оценивать влияние времени отправления в целом для каждого предприятия, оно взаимокомпенсируется за счет отправления по различным маршрутом. Также необходимо помнить, что для всех предприятий устанавливается единый тариф на перевозку в междугородном сообщении, поэтому ценовая конкуренция между рейсовым маршрутами практически исключена.

В целях улучшения перевозки пассажиров автобусами междугородного и пригородного маршрута, приведения их к соответствующим нормативам по пассажиропотокам, состояния автобусов необходимо строго придерживаться хотябы.

- Правил перевозки пассажиров автобусом. Они разработаны в соответствии с Постановлением Правительства КР.

Заключение

Основной целью любого предприятия в условиях рыночной экономики является сохранение и расширение своих позиций на рынке или его сегменте, рост, или, по крайней мере, стабильное получение прибыли. Это возможно только при ориентации на максимизацию прибыли, главным средством достижения которой выступает обеспечение высокой конкурентоспособности работ и услуг предприятия, внедрение принципов маркетинга, гибкая тарифная политика. В первую очередь следует минимизировать убытки различного характера: уход персонала, износ оборудования и автомашин, устаревание складов и гаражей. В рыночной экономике предприятие обязано предлагать свои услуги не в убыток себе и потребителю. Потому оптимизация производства является необходимостью.

Литература

1. http://www.airport-tashkent.uz
2. Пассажирские автомобильные перевозки В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев.-М.: Горячая линия – Телеком, 2006.- 448 с.: ил.
3. http://2364.kg.all.biz/
4. http://knowledge.allbest.ru

УДК.: 629.3.072.8(23.0)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Жолчуев М.К.,
КГТУ им. И. Раззакова

В этой статье отражаются цели и задачи обеспечения безопасности движения автомобиля в горных условиях, этапы подготовки водителей, манера вождения по их характеру.

Бул макалада автомобилдин тоолу шарттарда кыймылынын коопсуздугун камсыз кылуу маселелери жана максаттарды, айдоочуларды даярдоо баскычтары, айдоочунун мүнөзүнө ылайык унаа башкаруусу.

В настоящее время проблема обеспечения безопасности и эффективности дорожного движения автомобиля в горных условиях остается одной из важнейших. Для ее решения необходимо обеспечить проведение комплексных мер.

В системе «водитель - автомобиль – дорога - среда» решающая роль принадлежит человеку, и от его подготовки и опыта зависит в основном повышение безопасности дорожного движения. Задача подготовки водителя транспортных средств заключается в том, чтобы обеспечить его необходимой информацией для надежного управления транспортным средством и снижения уровня аварийности на дорогах и улицах.

О качестве работы водителя можно судить по анализу статистических данных о дорожно транспортных происшествиях (ДТП). Известно, что по вине водителей происходит около 75 % всех ДТП. Основные причины ДТП, как и факторы безопасности дорожного движения (БДД) могут быть сведены в три взаимосвязанные группы:

1) действия и поведение участников дорожного движения,

2) технические характеристики и состояние транспортных средств (ТС),

3) дорожные условия.

Каждая группа факторов является многоуровневой подсистемой, в которой направленность на гармоничность или дисгармонию зависит как непосредственно от участников дорожного движения, так и от состояния ТС, а также качества и состояния дорог. Эти факторы, относящиеся ко 2-й и 3-й группам, зависят также от отношения к делу и технологической дисциплины людей, которые занимались проектированием, производством, техническим обслуживанием и ремонтом ТС, а также строили и содержат дороги. Данные проблемы необходимо рассматривать на всех этапах жизненных циклов создания и эксплуатации как ТС, так и дорог.

Основное количество ДТП возникает из-за нарушения правил дорожного движения (ПДД). Свыше двух третей (69,4%) от всех ДТП по вине водителей связаны с нарушениями ДТП водителями легковых автомобилей, что говорит о недостаточной подготовке водителей в автошколах. При этом навыки нарушения правил могут закрепляться с годами вместе с приобретением водителем уверенности вождения.

Подготовка водителей проходит в два этап:

1. Теоретическая часть обучения, проходящая в аудитории, включает четыре раздела: изучение ПДД, устройство автомобиля, безопасность движения, оказание первой помощи пострадавшим.

Известно, что в большинстве автошкол правила дорожного движения изучаются формально, а их изучение завершается натаскиванием на успешную сдачу экзаменов по картам (экзаменационным билетам). В процессе занятий ученикам необходимо осознать, что они учатся не для сдачи экзамена, а для того, чтобы научиться безопасно и безаварийно ездить. При таком подходе все ученики успешно сдают экзамены.

Низкий уровень обучения в большинстве автошкол обусловлен тем, что, в целом в системе образования в последние годы снизилось качество обучения.

При работе с картами, напоминающими «угадайку», необходимо обучающимся не читать ответы, чтобы выбрать более правильный, а уметь анализировать ситуацию и самому давать правильный ответ в соответствии с ПДД. После чего следует прочитать ответы и выбрать из них наиболее близкий к полученному учеником решению изображенной на карте ситуации. Нужно помнить, что в реальных условиях дорожного движения не будет подсказок в виде нескольких ответов, а часто время для принятия решения измеряется долями секунды.

Следует отметить, что большинство пешеходов не знают ПДД и никто с них не спрашивает этих знаний. К соблюдению ПДД необходимо приучать с самого раннего детства в виде игр с использованием детских машин, моделирующих транспортные средства. Такие занятия необходимо ввести в детских садах и школах, и они должны проходить через все годы обучения с увеличением глубины знаний и понимания ответственности.

Осваивая знания об устройстве автомобиля, водитель может ориентироваться в исправной работе двигателя, трансмиссии, системы торможения, механизма поворота, что приводит к определению возможного возникновения ДТП, тогда как важно по характеру работы узлов, звуку, по ощущению определять возможное появление неисправностей и своевременно принимать меры по их устранению. Наверное, особое внимание следует уделять особенностям

работы дифференциального механизма, разъяснять, почему нельзя на скорости выезжать правыми колесами на рыхлую обочину.

По плакатам безопосности движения можно определить возникновение опрокидывающего момента от сил инерции на повороте, длины тормозного пути в зависимости от состояния дорожного покрытия и т. п. Формулы определения тормозного пути часто не раскрывают суть процесса торможения, и их невозможно проверить по размерности.

Поведение на дороге зависит от физического и психического состояния, а также от нравственных установок участника дорожного движения. Психическое состояние зависит от многих факторов, определяемых как условиями дорожного движения, так и не имеющими к ним никакого отношения, но в основе его лежат такие базовые психологические характеристики, как темперамент и характер.

Водители – сангвиники или флегматики реагируют на сложные ситуации адекватно, тогда как холерики или меланхолики могут вызвать ДТП или попасть в него. Сангвиник обладает быстрой реакцией и не теряет самообладания в любой сложной обстановке. Флегматик отличается хладнокровием, выдержкой и самообладанием, а медлительность компенсирует тем, что заранее просчитывает ситуацию. Но черты всех темпераментов есть у каждого человека, и знание своих психологических особенностей позволяет в зависимости от обстановки и врожденной индивидуальной быстроты реакции волевым усилием активизировать холерику черты сангвиника, а меланхолику черты флегматика. Аналогично возможно корректировать и другие психологические процессы.

Оказание первой помощи, или медицинский раздел в большинстве автошкол также преподается слабо или упускается, возможно, из финансовых соображений, чтобы не делиться со специалистами-медиками заработной платой, но незнание водителем элементарных мер первой помощи может привести к трагическому исходу в случае внезапного обострения болезни или при ДТП. Эти знания необходимы и для оказания помощи людям, особенно в местах, удаленных от лечебных учреждений.

2. Организация практических занятий по вождению. Часто наблюдается такая картина, когда инструктор на первых же занятиях вывозит ученика на улицы с напряженным движением, а тот теряется и забывает все, что слышал на занятиях. При этом он еще не представляет устройства автомобиля и смотрит, где какие педали и рычаги. Ему пока не до сложной ситуации на дороге. И тогда инструктор останавливается и начинает кричать или учить ученика правилам, тогда как ему нужно помочь выйти из стрессового состояния. Вероятно, лучшим способом организации практических занятий по вождению было бы сначала выезжать на достаточно большие пустыри и не менее трех-пяти занятий дать ученику почувствовать автомобиль, приобрести некоторые начальные навыки управления. После этого можно выезжать на дороги и улицы, при этом очень постепенно увеличивая сложность ситуаций дорожного движения. При таком подходе ученик будет видеть дорожную ситуацию, а не искать, где какая педаль находится. А при отсутствии отрицательных стрессовых состояний он спокойно будет вспоминать правила и применять их в конкретных ситуациях. Очень важно общаться с учениками без крика, не унижая их, а спокойно и доброжелательно вселять в ученика уверенность в успехе обучения. При этом нельзя путать уверенность с самоуверенностью. Обучению развороту в три приема желательно начинать проводить на дорогах с неинтенсивным движением, с большим количеством повторений, чтобы в действиях появился первичный навык.

Сложилось стереотипное мнение, что прогресс в науке и технике возможен только на основе дифференциации знаний, т.е. глубоких исследований в узких обла-

стях знаний. Это привело к разрыву как междисциплинарных, так и внутридисциплинарных связей, к формализации прикладных разработок, зачастую без понимания сущности изучаемых в прикладных научных дисциплинах процессов и явлений, а также к частичной потере целей фундаментальных исследований. Узость специализации и попытки объяснять все проблемы со своих точек зрения приводит к дисгармонии, к разъединению людей, конфронтации, борьбе и разрушению.

Физическое здоровье – важная составная часть здоровья человека, и оно поддерживается физической активностью. Нарушение одной из составляющих всегда приводит к потере физического здоровья, а высокие нравственные начала в человеке и умение психологически программировать себя на выздоровление позволяет поддерживать физическое состояние в норме и быстро выходить из болезненного состояния. Интерес, положительная мотивация и творческий подход в процессе учёбы способствуют поддержанию здоровья на высоком уровне; они снижают проблему нехватки времени и исключают отрицательные стрессы, вызываемые неправильной постановкой учебного процесса. Интерес превращает учебу из тяжелого подневольного труда в труд, дающий радость познания и творчества.

Человек не осознал этого своего назначения и часто многое делает наоборот, а результатом является то, что мы видим – от несанкционированных свалок до экологических катастроф и т.п., а на дороге наблюдаем безнравственное поведение как водителей, так и пешеходов. В образование любого уровня и направления необходимо вводить Нравственность, как значимую категорию.

Будущим водителям необходимо давать знания таким образом, чтобы они научились определять возможные причины и следствия ДТП, а также методы, как их избегать.

В заключение можно отметить, что будущим водителям необходимо давать максимальную полноту теоретических знаний по устройству автомобиля, чтобы они могли определять возможные причины и следствия ДТП; уметь использовать различные методы для их устранения и обеспечения БД автомобиля в зависимости от состояния дорог и горных условий. Необходима самодисциплина в соблюдении ПДД и творчество в их исполнении с учетом конкретных условий дорожной ситуации.

Литература

1. Алексеев Б.А., Колпаков М.И., Романов В.М. Безопасность движения автомобильного транспорта. М.:ДОСААФ, 1972.
2. Курьянова О.Е. Совершенствование систем и методов подготовки водителей ТС. Алма -Атинский автодор.институт, - М., 1993, стр.45.

УДК.: 621.91.01:621.**919**

ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Самсонов В.А., Даниленко Б.Д.

Представлена методика назначения рационального режима резания при протягивании отверстий различного профиля специальными протяжками.

The technique of purpose of a rational mode of cutting is presented at drawing of openings of a various profile. Special stretch.

Режим резания при протягивании характеризуется двумя основными параметрами: величиной подачи на зуб α_z и скоростью резания V.

Выбор этих параметров зависит от следующих факторов:

-требуемой шероховатости обработанной поверхности и точности обработки;

-свойств обрабатываемого материала;

-принятой схемы резания;

-допустимого тягового усилия протяжного станка и его мощности;

-прочности протяжки;

-заданной производительности.

Некоторые из перечисленных факторов в значительной мере зависят от подачи на зуб α_z, которая заложена в конструкции протяжки. Наиболее распространённые типы протяжек стандартизованы и оптимальные величины подачи на зуб α_z известны. Рекомендуемые значения α_z мм для некоторых типов протяжек одинарного резания приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип протяжки	Обрабатываемый материал			
	Сталь	Чугун	Алюминиевые сплавы	Медные сплавы
Круглые	0,03-0,05	0,03-0,10	0,03-0,05	0,05-0,12
Шпоночные	0,08-0,15	0,08-0,20	0,05-0,08	0,08-0,20
Шлицевые	0,05-0,08	0,06-0,10	0,04-0,10	0,06-0,12

Во всех случаях считается, что $\alpha_{z\,min}$ =0,02 мм, $\alpha_{z\,max}$ =0,3 мм.

Строго говоря, для имеющегося оборудования и режущего инструмента при назначении режима протягивания определяется только скорость резания V [1].

Таким образом, установление режима протягивания чаще всего выполняется по двум вариантам:

1.Для имеющейся протяжки определяется рекомендуемая скорость резания, анализируются возможности процесса протягивания на этой скорости с учётом имеющихся ограничений, а после анализа результатов пробных рабочих ходов устанавливается окончательный режим протягивания.

2.При технологической подготовке производства при использовании специальных протяжек для имеющегося оборудования определяется предельно допустимая величина скорости резания, рассчитывается величина α_z и формируются требования к конструкции инструмента. После изготовления протяжки определяется режим резания по варианту 1.

Предельно допустимая скорость протягивания может быть определена по формуле

$$V=V_{табл}\,K_1\,K_2\,K_3\,K_4,\ ^{м}_{мин}., \qquad (1)$$

где $V_{табл}$ – табличные значения скорости резания (приведены в таблице 2)

Таблица 2.

Тип протяжки	Квалитет точности	Шероховатость поверхности R_a,R_z мкм	$V_{табл}$ м/мин при обработке				
			Стали	Чугуна		Медных сплавов	Алюминиевых сплавов
				НВ<200	НВ>200		
Круглые, шпоночные, наружные простого профиля	≥5 7÷8 9 >9	R_a≤1,25 R_a≤2,5 R_z ≤20 R_z≤40	7,0 10,0 12 14	7,5 11 13 15	6,0 8,5 10 12	7,5 11 13 15	6,0 8,5 10 12
Шлицевые, наружные и внутренние сложного профиля	6 7 ≥8	R_a≥1,25 R_a≥2,5 R_z≥20	6,0 8,5 10	6,5 9 11	5 7 8,5	6,5 9 11	5 7 8,5

K_1 –поправочный коэффициент, характеризующий твёрдость обрабатываемой стали

$$K_1=\frac{1382000}{HB^{2,6}}$$

Для обработки чугуна и цветных металлов K_1=1,0;

K_2-поправочный коэффициент, характеризующий схему резания; для генераторной схемы резания K_2=1,0; для профильной K_2=0,8;

K_3-поправочный коэффициент, характеризующий требуемую шероховатость обработанной поверхности, приведён в таблице 3.

Таблица 3.

R_a, мкм	Менее 5,0 до 2,5	Менее 2,5 до 1,25	Менее 1,25
K_3	1,2	1,0	0,7

K_4- поправочный коэффициент, характеризующий марку обрабатываемой стали, приведён в таблице 4.

Таблица 4.

Обрабатываемый материал	K_4
Углеродистые стали	1,0
Хромистые, хромоникелевые, хромованадиевые стали	0,8
Прочие среднелегированные стали	0,7
Высоколегированные стали, быстрорежущие стали	0,5
Чугун, цветные металлы	1,0

Рекомендуемая подача на зуб α_z вычисляется по формуле

$$\alpha_z=0{,}12\ K_5\ K_6\ K_7\ K_8\ ,\text{мм.} \qquad (2)$$

где K_5-поправочный коэффициент, учитывающий принятую скорость резания

$$K_5=-\frac{1{,}94}{V^{0,44}}$$

K_6-поправочный коэффициент, характеризующий форму режущего лезвия протяжки: для прямолинейной формы K_6=1,0; для сложной криволинейной формы K_6=0,8.

K_7-поправочный коэффициент характеризующий схему резания; для генераторной схемы резания K_7=1,0; для профильной схемы- K_7=0,8.

K_8- поправочный коэффициент, характеризующий требуемую шероховатость обработанной поверхности: при R_a<2,5 K_8=1,0; при $R_a\geq$2,5 K_8=1,3.

Для материалов с особыми свойствами (см. таблицу 5) рекомендуется следующая методика выбора режима протягивания.

Толщина срезаемого слоя α_z может быть вычислена по формуле

$$\alpha_z=-\frac{0{,}14}{B^{0,4}}\cdot K_M\cdot K_2\cdot K_3\cdot K_7,\ \text{мм}, \qquad (3)$$

где B- периметр резания, мм. Значения коэффициентов K_2, K_3, K_7 приведены выше.

Значения коэффициента K_M приведены в таблице 5

Таблица 5.

Обрабатываемый материал	
Теплоустойчивые, коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные деформируемые стали, высокопрочные стали	1,0
Жаропрочные и жаростойкие деформируемые стали на никелевой основе, жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе, сплавы на титановой основе	0,9

Скорость резания определится по формуле

$$V=\frac{0,7}{\alpha_z^{0,65}B^{0,23}}\ K_3 \cdot K_7 \cdot K_и,\ ^м/_{мин}. \quad (4)$$

Значения K_3 и K_7 приведены выше.

В том случае, если для труднообрабатываемых материалов используются протяжки, оснащённые твёрдым сплавом, следует использовать поправочный коэффициент $K_и$=1,3.

В любом случае окончательный вариант режима протягивания устанавливается только после анализа результатов пробных рабочих ходов, и этот окончательный режим может значительно отличаться от вычисленных стартовых параметров режима резания.

Вывод. Предложенная методика позволяет назначить рациональные режимы резания при протягивании спецпротяжками на имеющемся оборудовании.

Литература

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: в 2-х т. /А.Д. Локтев и др. -М.: Машиностроение, 1991.

УДК:621.01

СИНТЕЗ ОДНОПОДВИЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПЯТЬЮ ПОДВИЖНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ С НАИБОЛЕЕ СЛОЖНЫМ БАЗИСНЫМ ЗВЕНОМ $\tau = 3$
SYNTHESIS OF ONE-MOBILE GEARS WITH FIVE MOBILE LINKS WITH THE MOST DIFFICULT BASIC LINK $\tau = 3$

Алмаматов М.З., Толошов Ч.О.,
КГТУ им. И.Раззакова

В статье рассматриваются методы структурного синтеза механизмов при создании плоских механизмов с пятью подвижными звеньями.

In article it is considered methods of structural synthesis of gears at creation of flat gears with five mobile links.

Основной принцип образования рычажных механизмов было сформулировано, как известно, Артоболевским И.И [1] и заключается в том, что любой механизм может быть составлен методом последовательного присоединения к входному (начальному) звену со стойкой кинематической цепи с нулевой степенью подвижности. Такие кинематические цепи называются структурными группами Ассура (по имени Л.В. Ассура).

При синтезе плоских механизмов к видам рычажных цепей типа **ПВВП**, **ППВП, ПППВ, ППППП** с тремя подвижными звеньями присоединяются следующие комбинации структурных групп (групп Ассура): **ВВВ, ПВП, ВВП, ПВВ, ВПВ, ВПП, ППВ, ППП**, где В – вращательная кинематическая пара, П – поступательная.

К вышеперечисленным 4 типам рычажных цепей присоединение групп Ассура проведем по следующей последовательности: 1) сначала присоединяем к ведущему звену, 2) затем к второму звену и 3) к ведомому звену.

Присоединение видов групп Ассура к ведущему звену рычажной цепи типа ПВВП представлен на рисунке 1;

В случае присоединения к механизму со структурной формулой ПВВП групп Ассура возможно создать 24 механизма. В этом случае количество кинематических пар наиболее сложного – базисного звена цепи $\tau = 3$.

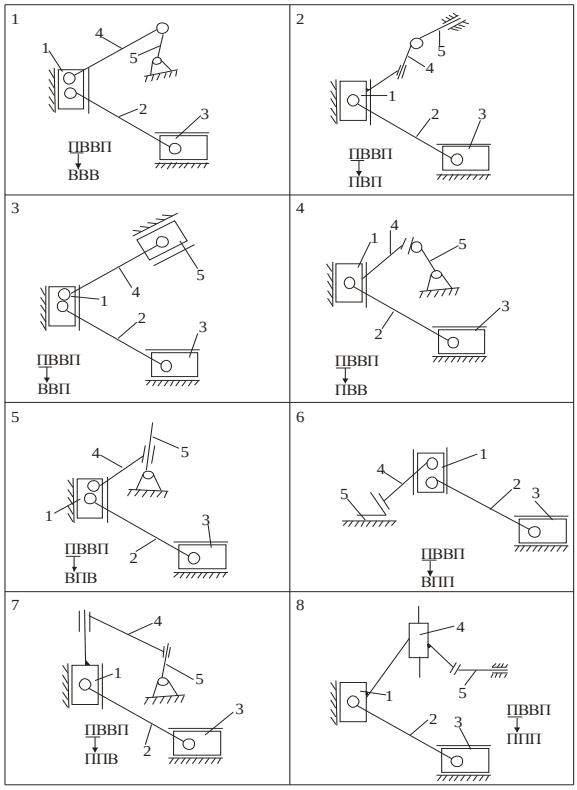


Рис.1. Соединение групп Ассура с ведущим звеном рычажной цепи ***ПВВП***

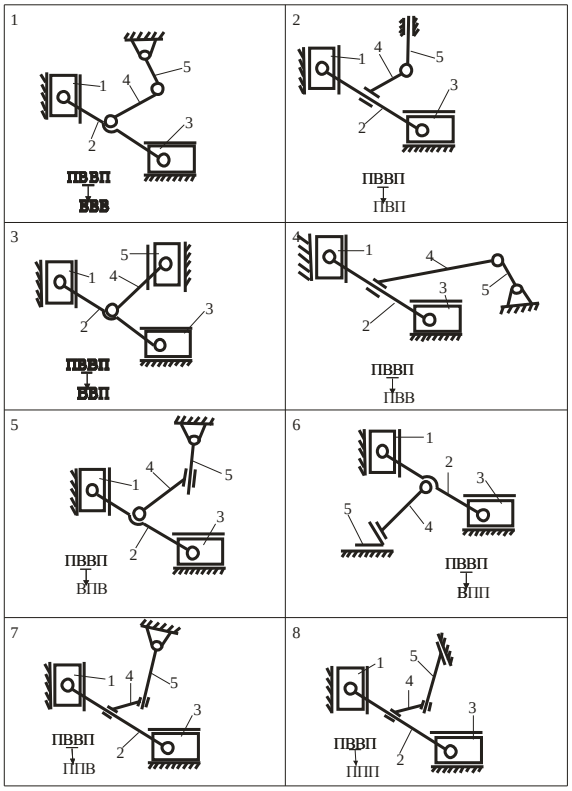


Рис.2 Соединение групп Ассура с вторым звеном рычажной цепи ***ПВВП***

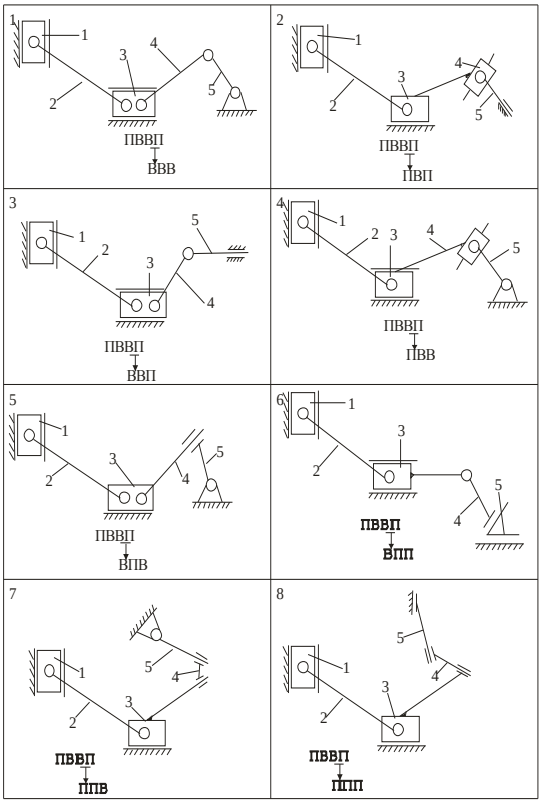


Рис.3. Соединение групп Ассура с выходным звеном рычажной цепи ***ПВВП***

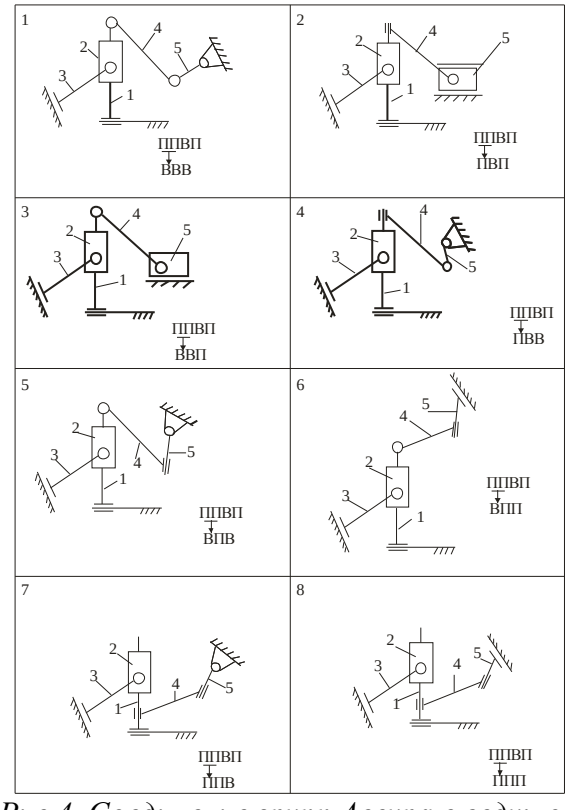


Рис.4. Соединение групп Ассура с ведущом звеном рычажной цепи ***ППВП***

Аналогичным образом, присоединения видов групп Ассура к рычажной цепи **ППВП** представлены на рисунках 4,5 и 6, создаются 24 механизма $\boldsymbol{\tau = 3}$.

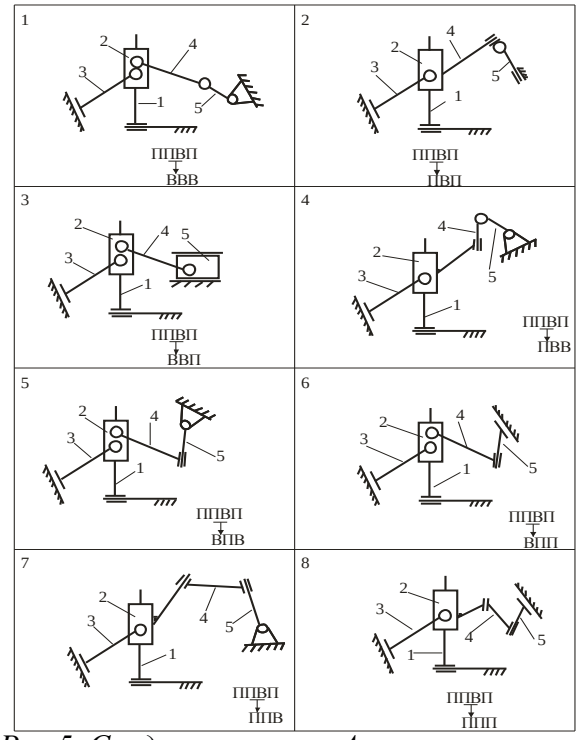


Рис.5. Соединение групп Ассура со вторым звеном рычажной цепи ***ППВП***

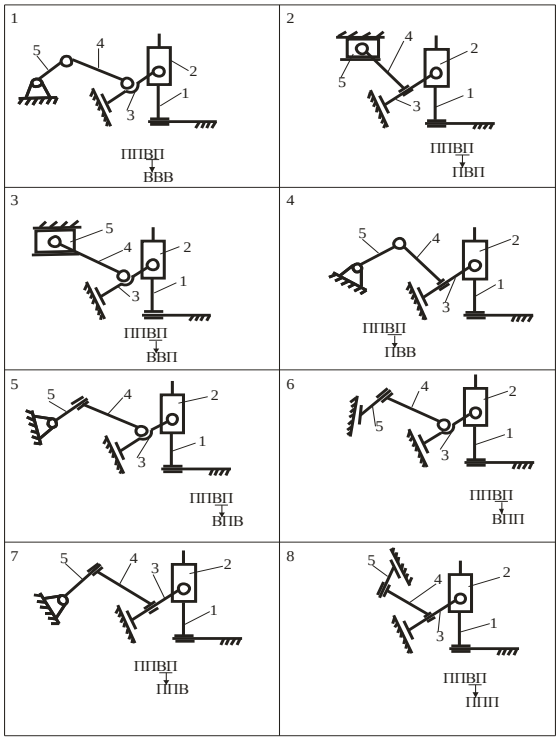


Рис.6. Соединение групп Ассура с выходным звеном рычажной цепи ***ППВП***

Присоединение групп Ассура, структурной цепи **ПППВ** к трем звенам создаются 24 механизмов $\boldsymbol{\tau = 3}$. (см. рис. 7,8,9).

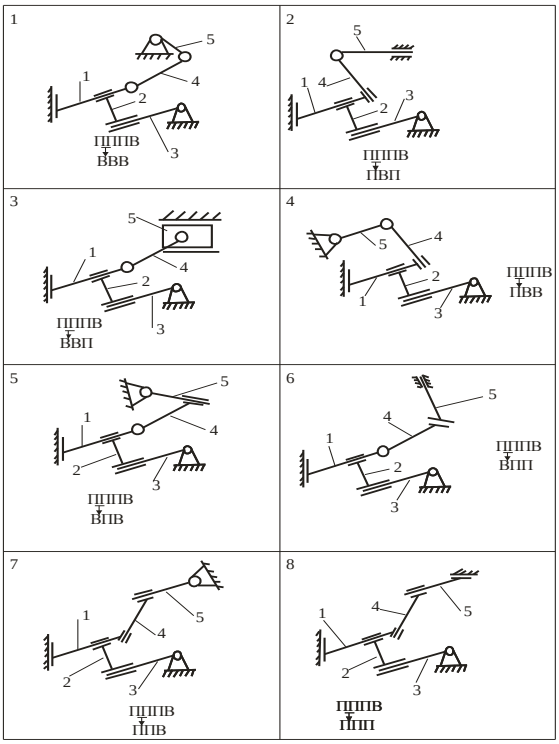


Рис.7. Соединение групп Ассура с ведущем звеном рычажной цепи ***ПППВ***

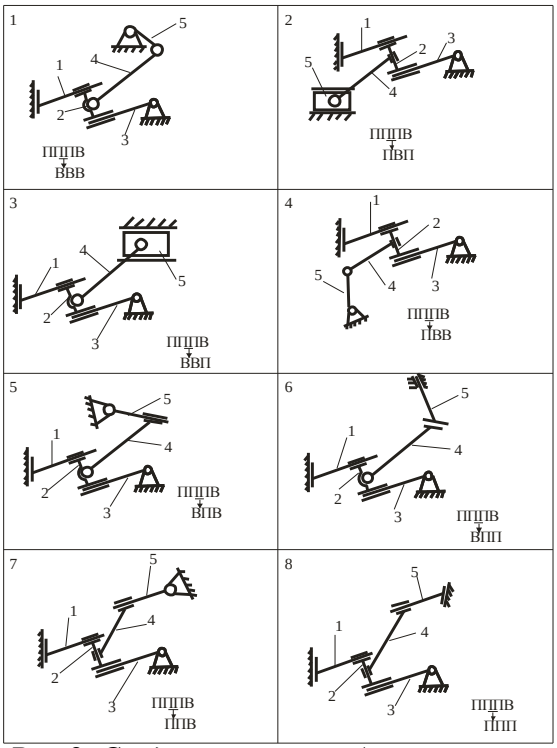


Рис.8. Соединение групп Ассура со вторым звеном рычажной цепи ***ПППВ***

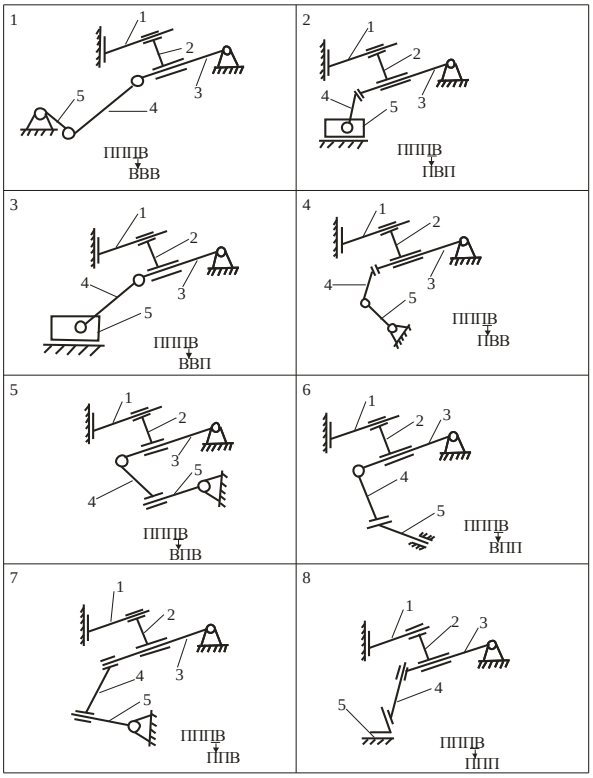


Рис.9. Соединение групп Ассура выходным звеном рычажной цепи ***ПППВ***

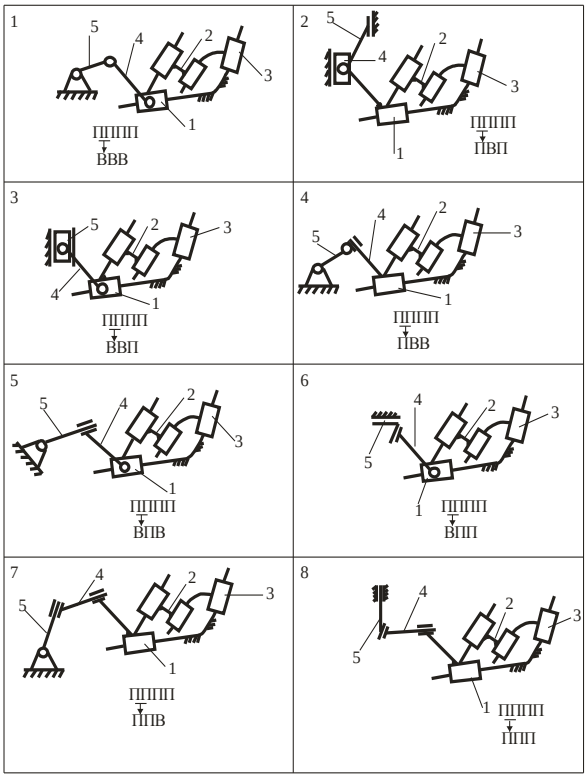


Рис.10. Соединение групп Ассура ведущим звеном рычажной цепи ***ППППП***

Присоединение групп Ассура с кинематическими парами **ППППП** представлено рис.10,11,12.

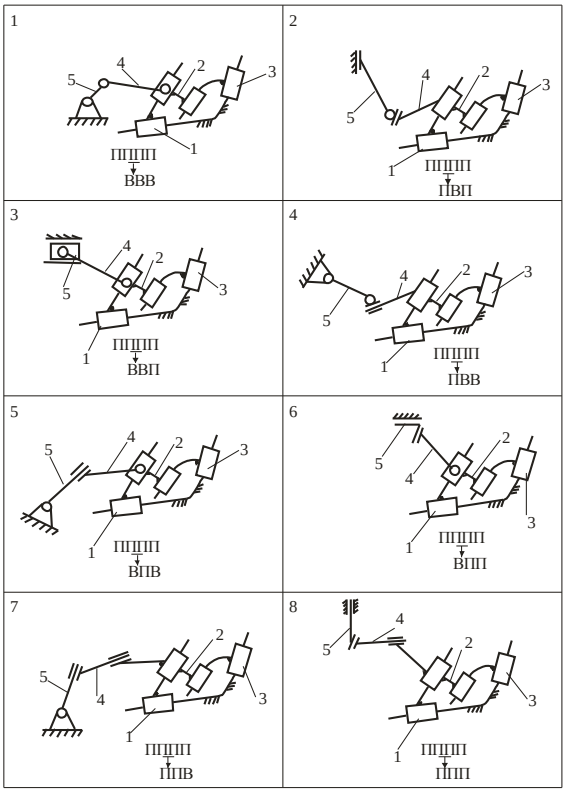


Рис.11. Соединение групп Ассура выходным звеном рычажной цепи ***ППППП***

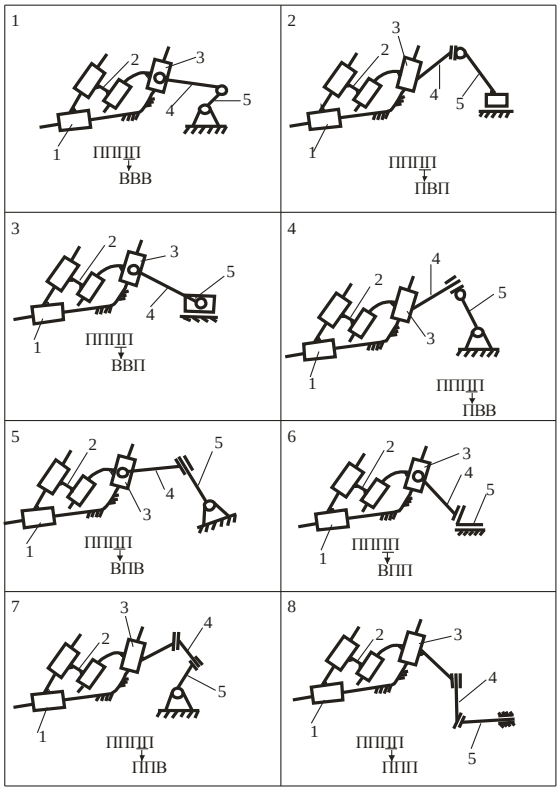


Рис.12. Соединение групп Ассура с выходным звеном рычажной цепи ***ППППП***

Выводы. Все типы механизмов с пятью подвижными звеньями образованные наслаиванием 6 видов групп Ассура к рычажным цепям типа **ПВВП**, **ППВП, ПППВ, ППППП** впервые представлены в виде на рис.1-12 72 вариантов механизмов τ=3.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1975.- 640 с.
2. Алмаматов М.З. Научно-методические основы создания прессов с механизмами переменной структуры [Текст]: дис.… докт. техн. наук: 05.02.18 - Бишкек, 2005. - 302 с.
3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. Метод.указ. -Новокузнецк: СИБГИУ,2012-39 с.

УДК 631. 35; 621.01

КЛАССИФИКАЦИЯ МОЛОТИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС

Алмаматов М.З., Байгазиев М. С.
КГТУ им. И.Раззакова

Статья сельскохозяйственных машинах, служащих для обмолота различных сельских культур. Применяются также приспособления к зерновым молотилкам, для обмолота семенников трав, бобовых, риса разделяют по комплексу выполняемых ими операций на простые, полусложные и сложные.

In this paper, agricultural machinery, serving for threshing various rural cultures. They are used as devices to grain thresher, threshing grass seeds, beans, rice, divide the complex operations carried out by them to simple and complex poluslozhnye.

Кроме того, молотильные устройства бывает самоходные и прицепные.

Молотильные устройства можно классифицировать по схеме, представленной на рисунке 1. В основу такой классификации положены три признака – конструкция молотильного элемента, количество барабанов и направление подачи растительной массы на обмолот [1].



Рис.1. Классификация молотильных установок

По конструкции рабочего молотильного элемента молотильные устройства подразделяются на бильные, штифтовые, планетарные и комбинированные.

Бильные молотильные устройства состоят из вращающегося барабана *1* и неподвижного подбарабанья *5* (рисунок 2, б, в). Молотильный барабан имеет вал 7, штампованные диски, подбичники, прикрепляемые к каждому диску, и бичи *9*, которые имеют ребристую рабочую поверхность. На барабане установлено четное количество бил с попеременным направлением ребер влево, затем вправо. Такое расположение равномерно распределяет обмолачиваемую массу и уменьшает осевое давление на подшипники вала.

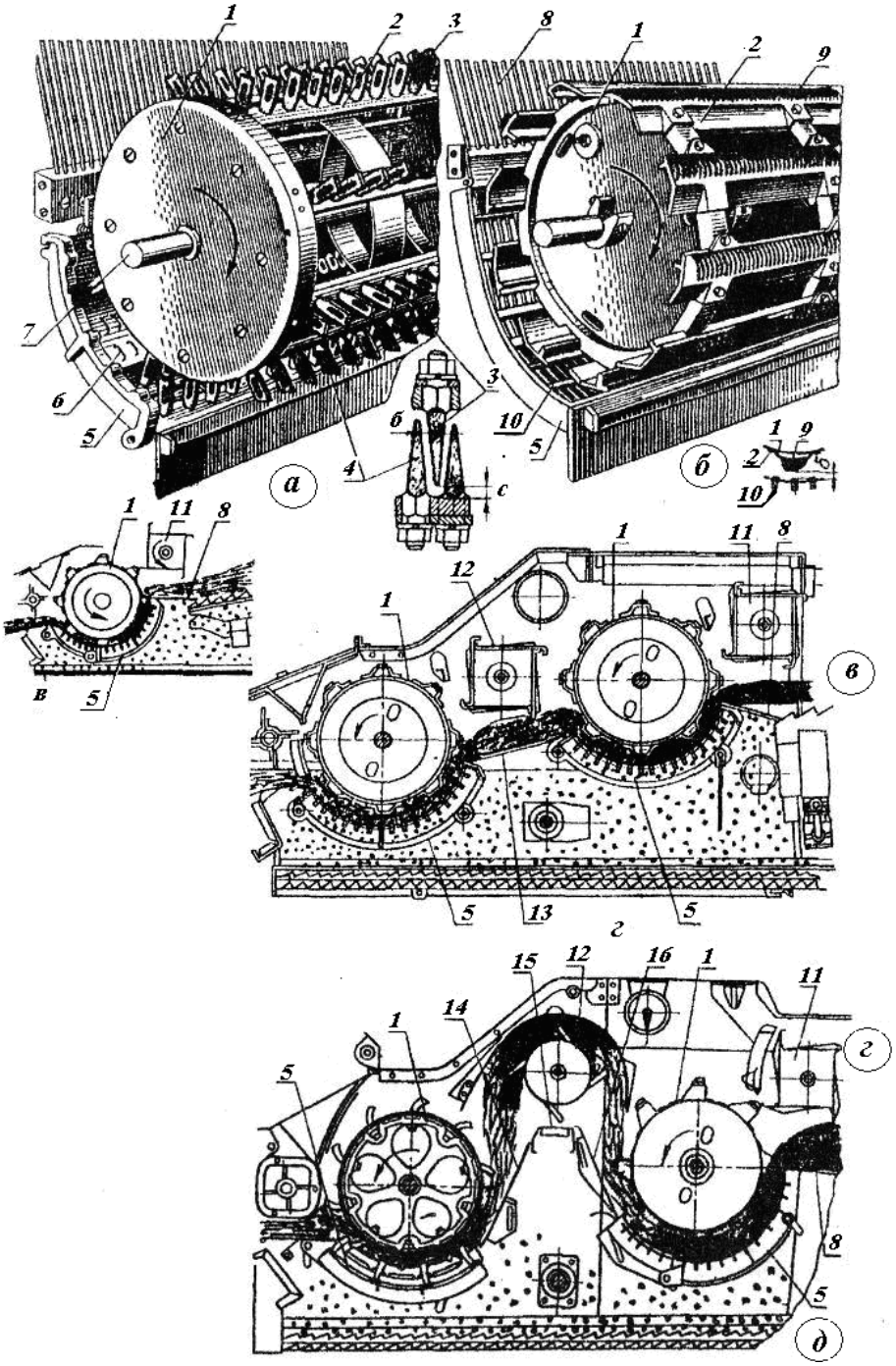


Рис. 2. Молотильные установки

Подбарабанье *5* представляет собой решетку *6*, охватывающую по дуге окружности барабан (*146°*). Решетка подбарабанья образована поперечными

планками, в которые вставлены продольные прутки диаметром *5 мм* и шагом *14 мм.* Технологический процесс обмолота хлебной массы протекает следующим образом. Бичи ударяют по стеблям, увлекая их к подбарабанью. Обгоняя слой стеблей, находящихся между барабаном и подбарабаньем, бич проходит по нему, сдвигая его перед собой. Каждый слой стеблей, расположенный выше, увлекает за собой силами трения слой, лежащий ниже. Верхние стебли проскальзывают по низу. Что препятствует движению.

Штифтовые молотильные устройства состоят из вращающегося барабана и неподвижного подбарабанья (рисунок 2, а). По краям вала барабана установлены два диска, третий средний диск не имеет опоры на валу. В квадратные отверстия стальных планок вставлены штифты *4.* Подбарабанье *5* имеет три чугунные секции со штифтами, выполненные по форме дуги окружности. Штифты на барабане расположены по винтовой линии, различают *2-, 3-, 4-, 5- и 6-* ходовые барабаны. Число планок и число ходов обязательно делается кратным. Рабочая часть штифта подвергается закалке [2].

Штифты располагают на подбарабанье, так чтобы между штифтами барабана и подбарабаньем зазор был больше ширины зерна обмолачиваемой культуры. Технологический процесс обмолота штифтовым барабаном заключается в следующем: штифты барабана ударяют, и захватывают стебли, и сообщают им скорость, близкую к окружной скорости барабана; колосья ударяются о штифты подбарабанья, протаскиваются в промежутки между их боковыми поверхностями. При этом происходит выделение зерна, смятие и разрыв стеблей. Хорошая захватывающая способность штифтового молотильного устройства повышает его производительность, улучшает обмолот влажных и засоренных хлебов, однако значительное дробление соломы загружает очистку и затрудняет выделение зерна. На ход рабочего процесса такого молотильного устройства оказывают влияние также воздушные потоки, создаваемые барабаном. Но их закономерности остаются пока невыясненными [1, 2].

Планетарные молотильные устройства находятся в стадии внедрения в современные зерноуборочные машины. Они состоят из многовальцового вращающегося барабана и вальцовой (решетчатой) деки (рисунок 3). На ступицах барабана шарнирно устанавливаются *5-9* вальцов малого диаметра *(80-100 мм).* Каждый валец имеет принудительный привод через планетарную или дифференциальную передачу. Направление вращения барабана и вальцов совпадает. Каждый валец несет на своей поверхности несколько бичей или штифтов. Подбарабанье комбинированное - решетчато-вальцовое. Вальцы могут быть свободно вращающимися или иметь свой механизм привода - вращаться принудительно. В процессе работы такого устройства стеблевая масса попадает в рабочий зазор, подхватывается бичами (штифтами) вальцов и протаскивается с многократным воздействием вальцов на стебли. Вальцы подбарабанья являются подвижной опорой при обмолоте. Обмолот здесь происходит за счет деформации перетирания и удара по массе, такое устройство обеспечивает качественный обмолот зерновых колосовых и риса при высокой пропускной способности устройства (*12-16 кг/с*).

По количеству молотильных барабанов молотильные устройства классифицируются на одно - и двухбарабанные.

Однобарабанные (рисунок 2, а, б). В процессе обмолота участвует один барабан и одно подбарабанье.

Двухбарабанные (рисунок 2, в, г). В процессе обмолота участвуют два барабана и два подбарабанья. Такие молотильные устройства существуют с промежуточным битером, подающим массу под себя (рисунок 2, в) и через себя (рисунок 2, г). Установлено, что в схеме с поворотом потока через себя достигается лучшая сепарация зерна и большая производительность молотилки. В этой схеме меньше дробится зерно. Однако такие

устройства не всегда обеспечивают устойчивый технологический процесс.

Поэтому в современных комбайнах имеется возможность перестановки промежуточного битера по той или другой схеме. При равномерности подачи массы преимущество двухбарабанного устройства заключается в том, что он позволяет повысить секундную производительность комбайна на *10-12 %.* В таком устройстве первый барабан растягивает стеблевую массу, выравнивает нагрузку на второй барабан и позволяет вести обмолот в первом барабане при меньших оборотах, в результате чего основная часть зерна обмолачивается в мягком режиме с меньшим дроблением зерна [1, 3].

Недостатки двухбарабанных устройств: при обмолоте влажных и особенно засоренных хлебов возможно залипание решетчатой поверхности деки, сепарация зерна в молотильном устройстве резко снижается. Это явление приводит к тому, что клавишный сепаратор, имеющий меньшую длину, перегружается. Кроме того, сложность конструкции ограничивает их применение.

По направлению подачи растительной массы на обмолот молотильные устройства классифицируются на подающие поперечно барабану, со смещенной поперечной подачей и с продольной подачей.

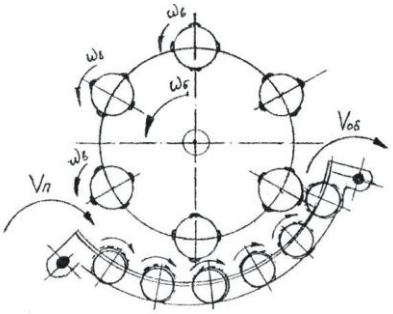


Рис. 3. Планетарное многовальцевое молотильное устройство

Молотильные устройства с поперечно-смещенной подачей стеблей на обмолот (рисунок 4) отличаются высокой пропускной способностью и качеством обмолота, такое устройство готовится к установке на рисоуборочный комбайн «Кубань». Оно отличается тем, что стеблевая масса, поступившая на обмолот, сосредотачивается у одного края (выходного окна) молотильного устройства, расположенного поперек комбайна. Молотильный барабан имеет деки, расположенные по винтовой линии, что обеспечивает обмолот и перемещение массы в противоположную сторону устройства и выход соломы в выходное окно [3].

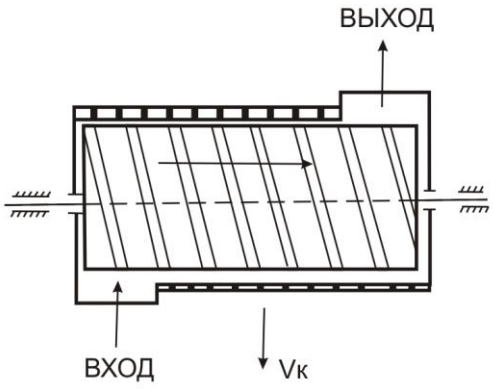


Рис. 4. Поперечно-смещённое молотильное устройство

В процессе перемещения стеблевой массы ротор с винтовым бичом осуществляет ее обмолот и сепарацию через отверстия корпуса молотильного устройства. Создано высокопроизводительное молотильное устройство с продольной подачей стеблевой массы. В нем вымолот и сепарацию зерна из соломы выполняет ротор (рисунок 5), ось вращения которого параллельна продольной оси молотилки. Ротор состоит из приемной, молотильной и сепарирующей частей, отличающихся конструкцией активных элементов, которыми ротор воздействует на поток стеблей. Ротор *4* заключен в цилиндрический кожух, составленный из обмолачивающей деки *2,* сепарирующих решеток 3, винтовых направляющих, входного и выходного окон.

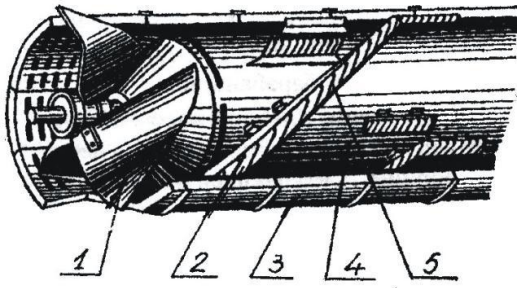


Рис. 5. Роторное молотильное устройство

Растительная масса подается наклонным транспортером в приемную часть, захватывается лопастями 1 и подается к бичам. Бичи, ударяя по колоскам, вымолачивают зерно и увлекают массу во вращение. Ударяясь о винтовые направляющие, масса перемещается от входа к выходу. Зерно и мелкие примеси проходят через отверстия решеток и подаются на очистку.

Анализируя известные молотильные устройства, в основном это самоходные машины, причем очень сложной конструкции, требующей больших расходов, мы предлагаем более простую конструкцию. Благодаря ей можно осуществлять привод рабочих органов для очистки фасоли сухой после уборки или после сушки (молотильного устройства для фасоли) от вала отбора мощности трактора (ВОМ).

Выводы

Нами предлагается прицепной комбайн, который удобен и прост в конструкции при работе молотильного устройства для фасоли, гороха и других бобовых культур. Его главным рабочим органом так же, как в вышеперечисленных молотильных устройствах, является барабан с подбарабаньями, улитками или вентиляторами. Их применение экономически целесообразно при уборке урожая, что упростит работу механизаторов и сократит затраты денежных средств на эксплуатацию техники.

Литература

1. Е.И. Трубилин, В.А. Абликов, Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкции, теория и расчет): Учеб.пос. - 2 изд., перераб. и дополн. - КГАУ, Краснодар, 2010 – 325 с.
2. Е.С. Босой. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М.: Машиностроение, 1978.
3. А.А. Будагов, А.Ф. Стефаненко Машины для уборки урожая сельскохозяйственных культур. Краснодар, 1978.

УДК 532.526

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СВЕРХЗВУКОВОЕ ТЕЧЕНИЕ СОВЕРШЕННОГО ГАЗА С ПОПЕРЕЧНЫМ ВДУВОМ СТРУЙ

Бекетаева А.О., Дуйшеналиев Т.Б
Институт математики и матмоделирования МОиН Республики Казахстан, Алматы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек

На основе численной методики расчета осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса для совершенного газа представлено решение задачи поперечного вдува круглой струи в сверхзвуковой поток. В работе исследована ударно-волновая картина, возникающая на обтекаемой пластине. Полученные численные результаты распределения полей скорости на поверхности пластины качественно согласуются с известными экспериментальными данными.

Введение. Теоретическое и практическое изучение взаимодействия поперечной струи со сверхзвуковым потоком связана, прежде всего, с разработкой новых конструкций самолетов короткого взлета и посадки, авиационных силовых установок с управлением вектора тяги, а также при проектировании прямоточных воздушно-реактивных двигателей. При вдуве поперечной струи в сверхзвуковой поток наблюдается повышение тяги, развиваемой струей, по сравнению со случаем, когда вдув струи осуществляется в неподвижную среду. Это объясняется взаимодействием струи с основным потоком, при котором возникает сложная картина течения. Образуется система скачков уплотнения, возникают зоны возвратных течений как перед струей, так и за ней. Характер взаимодействия струи с набегающим потоком зависит от интенсивности вдува, характеризующейся отношением давления p_0 на срезе сопла к p_∞ давлению в потоке, числом Маха струи, параметрами набегающего потока, таких как число Маха потока M_∞ и число Рейнольдса, а также размерами щели или круглого сопла. В качестве геометрических параметров, характеризующих инжекцию поперечных струй, обычно рассматривают длину и конфигурацию зоны отрыва перед струей, а также распределение давления на стенке вблизи сопла инжекции.

Обтекание струй и препятствий достаточно хорошо исследовано экспериментально [1-3]. Среди численных исследований известны работы, в которых моделируется поперечный вдув водорода в канале ПВРД [4-8]. В большинстве таких работ в основном производятся тестовые расчеты, и практически отсутствует численное исследование физических аспектов полученной схемы течения. Это обусловлено сложной структурой течения в области вдува струи.

В данной работе численно моделируется вдув круглой звуковой струи перпендикулярно сверхзвуковому потоку в прямоугольном канале. Для удобства вычисления рассматривается вдув струи только с нижней стенки (рис.1).

Постановка задачи. Исходной является система трехмерных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса для сжимаемого турбулентного газа, записанная в декартовой системе координат в консервативной форме:

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t}+\frac{\partial\left(\vec{E}-\vec{E}_v\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(\vec{F}-\vec{F}_v\right)}{\partial z}+\frac{\partial\left(\vec{G}-\vec{G}_v\right)}{\partial y}=0 \qquad (1)$$

компоненты векторов $\vec{U},\vec{E},\vec{F},\vec{G}$ определяются выражениями:

$$\vec{U}=\begin{pmatrix}\rho\\ \rho u\\ \rho v\\ \rho w\\ E_t\end{pmatrix},\quad \vec{E}=\begin{pmatrix}\rho u\\ \rho u^2+p\\ \rho uv\\ \rho uw\\ (E_t+P)u\end{pmatrix},\quad \vec{F}=\begin{pmatrix}\rho w\\ \rho uw\\ \rho vw\\ \rho w^2+p\\ (E_t+P)w\end{pmatrix},\quad \vec{G}=\begin{pmatrix}\rho v\\ \rho uv\\ \rho v^2+p\\ \rho vw\\ (E_t+P)v\end{pmatrix},$$

а компоненты $\vec{E}_v,\ \vec{F}_v,\ \vec{G}_v$ связаны с вязкими напряжениями:

$$\vec{E}_v=\left(0,\tau_{xx},\tau_{xy},\tau_{xz},u\tau_{xx}+v\tau_{xy}+w\tau_{xz}-q_x\right)^T,$$
$$\vec{F}_v=\left(0,\tau_{xz},\tau_{yz},\tau_{zz},u\tau_{xz}+v\tau_{yz}+w\tau_{zz}-q_z\right)^T,$$
$$\vec{G}_v=\left(0,\tau_{xy},\tau_{yy},\tau_{yz},u\tau_{xy}+v\tau_{yy}+w\tau_{yz}-q_y\right)^T.$$

Для давления и температуры запишутся следующие выражения:

$$p=(\gamma-1)\left[E_t-\frac{1}{2}\left(\rho u^2+\rho w^2+\rho v^2\right)\right],$$
$$T=\left(\frac{1}{\rho c_v}\right)\left[E_t-\frac{1}{2}\left(\rho u^2+\rho w^2+\rho v^2\right)\right],\quad c_v=\frac{1}{\gamma(\gamma-1)M_\infty^2}\ .$$

Тензоры напряжения и потоки тепла выражаются в виде:

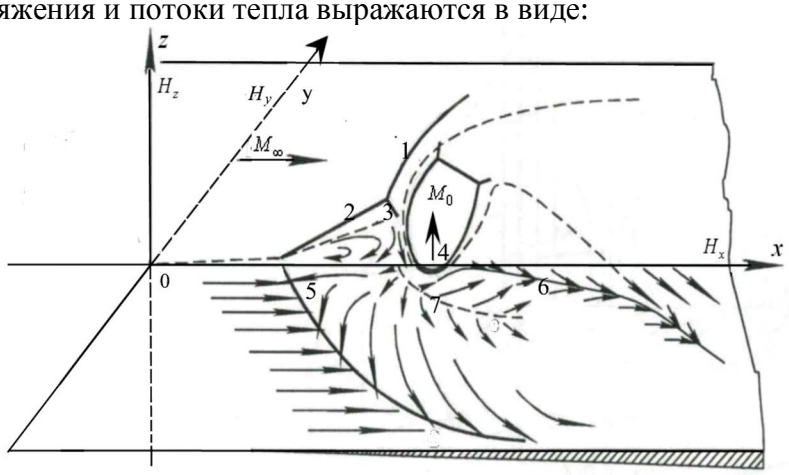


Рис.1. Схема течения

$$\tau_{xx}=\frac{2}{3}\frac{\mu_t}{Re}\left(2u_x-w_z-v_y\right),\quad \tau_{zz}=\frac{2}{3}\frac{\mu_t}{Re}\left(2w_z-u_x-v_y\right),\quad \tau_{yy}=\frac{2}{3}\frac{\mu_t}{Re}\left(2v_y-u_x-w_z\right),$$
$$\tau_{xz}=\tau_{zx}=\frac{\mu_t}{Re}\left(u_z+w_x\right),\quad \tau_{xy}=\tau_{yx}=\frac{\mu_t}{Re}\left(u_y+v_x\right),\quad \tau_{yz}=\tau_{zy}=\frac{\mu_t}{Re}\left(w_y+v_z\right),$$
$$q_x=-\frac{\mu_t}{(\gamma-1)M_\infty^2 Pr\,Re}T_x\ ,\quad q_y=-\frac{\mu_t}{(\gamma-1)M_\infty^2 Pr\,Re}T_y,\quad q_z=-\frac{\mu_t}{(\gamma-1)M_\infty^2 Pr\,Re}T_z.$$

Здесь t - время, u,w,v - компоненты скорости потока в продольном и поперечном направлениях, ρ- плотность, P - давление, T - температура, c_v - теплоемкость при постоянном объеме, γ - показатель адиабаты, M_0 и M_∞ - числа Маха струи и потока, μ_t - коэффициент турбулентной вязкости, Re- число Рейнольдса, Pr - число Прандля**,** 0- отнесен к параметрам струи, ∞- к параметрам потока.

Исходная система (1) записана в безразмерной форме. В качестве определяющих параметров приняты параметры на входе $u_\infty,\rho_\infty,T_\infty$, давление и полная энергия отнесены к значению $\rho_\infty u_\infty^2$, характерным размером длины является диаметр круглого отверстия.

Система (1) замкнута с помощью алгебраической модели турбулентности Болдуина-Ломакса [9].

Граничные условия. На входе задаются параметры потока

$$u=1,\ v=0\ w=0,\ \rho=1,\ T=1 \qquad x=0,\quad 0\le y\le H_y,\ 0\le z\le H_z;$$

на нижней стенке

$$u=0,\ v=0, w=0,\ \frac{\partial T}{\partial z}=0\ ,\ \frac{\partial P}{\partial z}=0 \qquad z=0,\quad 0<x\le H_x,\ \ 0\le y\le H_y:$$

на струе

$$u=0,\ v=0, T=0.6\ \ w=\sqrt{T}M_0/M_\infty,\ P=nP_\infty, \qquad z=0,\ \ \left|x^2+y^2\right|\le R.$$

Вблизи стенки задается пограничный слой, продольная составляющая скорости аппроксимируется степенным законом.

На верхней границе выполняется условие симметрии,

$$w=0;\ \ \frac{\partial u}{\partial z}=0;\ \ \frac{\partial v}{\partial z}=0;\ \ \frac{\partial T}{\partial z}=0 \qquad z=H_z,\ \ 0<x\le H_x,\ \ 0\le y\le H_y;$$

на боковых границах

$$\frac{\partial u}{\partial y}=\frac{\partial v}{\partial y}=\frac{\partial w}{\partial y}=\frac{\partial \rho}{\partial y}=0 \qquad y=0,\ y=H_y, 0<x\le H_x, 0\le z\le H_z,$$

где H_x-длина, H_z - высота, H_y - ширина расчетной области, R - радиус круглого отверстия.

На выходной границе задается условие неотражения [10].

Метод решения. Для более точного учета течения в пограничном слое, вблизи стенки и на уровне щели, т.е. в областях больших градиентов, вводится сгущение сетки в продольном и в поперечном направлении с помощью преобразований

$$\xi=\xi(x),\ \ \zeta=\zeta(y),\ \ \eta=\eta(z). \tag{2}$$

При этом линеаризованная относительно вектора $\tilde{\boldsymbol{U}}$ система уравнений (1) в обобщенных координатах запишется в виде:

$$\left[I+\Delta t\left\{\frac{\partial A_\xi^n}{\partial\xi}+\frac{\partial\ B_\eta^n}{\partial\eta}+\frac{\partial\ Q_\zeta^n}{\partial\zeta}-\frac{\partial}{\partial\xi}\frac{\mu_t\xi_x^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\xi}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)-\frac{\partial}{\partial\eta}\frac{\mu_t\eta_z^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\eta}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)-\frac{\partial}{\partial\zeta}\frac{\mu_t\zeta_y^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)\right\}\right]\tilde{\boldsymbol{U}}^{n+1}=$$

$$=\tilde{\boldsymbol{U}}^n+\Delta t\left[2\left(\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{E}}_{vm}^{\ n}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{F}}_{vm}^{\ n}}{\partial\eta}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{G}}_{vm}^{\ n}}{\partial\zeta}\right)-\left(\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{E}}_{vm}^{\ n-1}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{F}}_{vm}^{\ n-1}}{\partial\eta}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{G}}_{vm}^{\ n-1}}{\partial\zeta}\right)+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{E}}_{v22}^{\ n}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{F}}_{v22}^{\ n}}{\partial\eta}+\frac{\partial\tilde{\boldsymbol{G}}_{v22}^{\ n}}{\partial\zeta}\right]+O\left(\Delta t^2\right) \tag{3}$$

где $\tilde{\boldsymbol{U}} = \frac{1}{J}\boldsymbol{U}$, $J = \frac{\partial(\xi,\eta,\zeta)}{\partial(x,z,y)}$ - якобиан преобразования, $A_\xi = \xi_x A$, $B_\eta = \eta_z B$, $Q_\zeta = \zeta_y Q$, $A = \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \boldsymbol{U}}$, $B = \frac{\partial \boldsymbol{F}}{\partial \boldsymbol{U}}$ $Q = \frac{\partial \boldsymbol{G}}{\partial \boldsymbol{U}}$ - матрицы Якоби. Диффузионные члены представлены в виде суммы вторых производных искомого вектора $\boldsymbol{U}$ с переменными коэффициентами вязкости и векторов $\tilde{\boldsymbol{E}}^n_{v22}$, $\tilde{\boldsymbol{F}}^n_{v22}$ и $\tilde{\boldsymbol{G}}^n_{v22}$ содержащих оставшиеся диссипативные члены.

Для диффузионных векторов потоков со смешанными производными $\tilde{E}_{vm}$, $\tilde{F}_{vm}$, $\tilde{G}_{vm}$ используется аппроксимация по явной схеме при равномерном шаге по времени со вторым порядком точности [11].

Система (3) решается методом Бима-Уорминга, для этого здесь применяется факторизация, что приводит к трем одномерным операторам, решение которых производится матричной прогонкой.

$$\text{1 шаг. } \left[I+\Delta t\left\{\frac{\partial A^n_\xi}{\partial\xi}-\frac{\partial}{\partial\xi}\frac{\mu_t\xi_x^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\xi}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)\right\}\right]\boldsymbol{U}^* = RHS^n$$

$$\text{2 шаг. } \left[I+\Delta t\left\{\frac{\partial B^n_\eta}{\partial\eta}-\frac{\partial}{\partial\eta}\frac{\mu_t\eta_z^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\eta}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)\right\}\right]\boldsymbol{U}^{**} = \boldsymbol{U}^* \qquad (4)$$

$$\text{3 шаг. } \left[I+\Delta t\left\{\frac{\partial Q^n_\zeta}{\partial\zeta}-\frac{\partial}{\partial\zeta}\frac{\mu_t\zeta_y^2}{\mathrm{Re}J}\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{1}{U_1^n}\right)\right\}\right]\tilde{\boldsymbol{U}}^{n+1} = \boldsymbol{U}^{**},$$

где RHS^n - правая часть системы уравнений (3).

При аппроксимации производных по пространственным координатам в конвективных и диффузионных членах использованы центрально-разностные операторы со вторым порядком точности.

Анализ результатов численного решения задачи

Для расчетов использовались преобразования координат следующего вида [12]:

$$\xi = K+\frac{1}{\tau}arsh\left[\left(\frac{x}{x_c}-1\right)sh(\tau K)\right], \qquad \eta = H\left[(\beta+1)-(\beta-1)\left(\frac{\beta+1}{\beta-1}\right)^{1-\frac{z}{a}}\right]\Bigg/\left[\left(\frac{\beta+1}{\beta-1}\right)^{1-\frac{z}{a}}+1\right]$$

$$\zeta = K+\frac{1}{\tau}arsh\left[\left(\frac{y}{y_c}-1\right)sh(\tau K)\right] \text{ где } K = \frac{1}{2\tau}\ln\left[\left(1+(e^\tau-1)\frac{x_c}{L}\right)\Bigg/\left(1-(e^\tau-1)\frac{x_c}{L}\right)\right],$$

где β,τ - параметры сгущения, $\beta,\tau>1$, a - высота расчетной области в обобщенных координатах, x_c и y_c - точки, относительно которых производится сгущение.

Для подавления высокочастотных возмущений на окончательном этапе вводилось сглаживание четвертого порядка с малым коэффициентом ε при сглаживающих членах. Расчет производился на разнесенной сетке размером $201\times101\times81$ с шагами по пространственным координатам $\Delta x = 0.1 \div 0.5$,

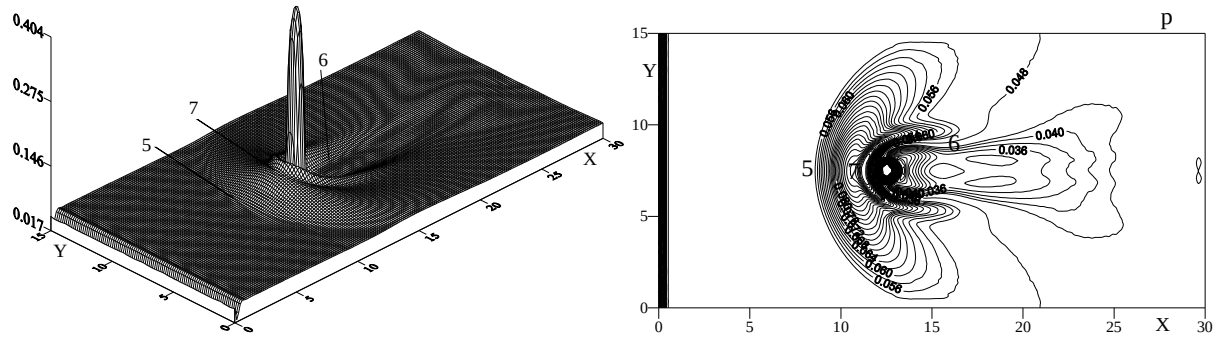
$\Delta z=0.06\div 0.25$, $\Delta y=0.1\div 0.5$, шаг по времени варьировался в пределах $\Delta t=0.025\div 0.05$.

Существующие на данный момент экспериментальные работы дают понимание о закономерностях поперечного вдува струи в сверхзвуковой поток. В работах [1-3,8] продемонстрированы основные особенности течения. Система скачков в набегающем потоке состоит из основного скачка, косого скачка и замыкающего скачка. Внутри струи наблюдается бочкообразный скачок и центральный скачок (диск Маха).

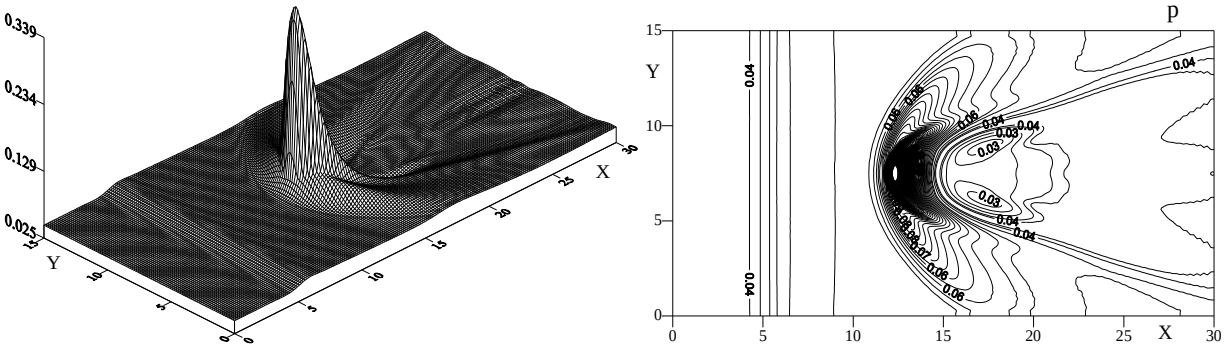
Известно, что распределение давления вблизи струи на стенке, т.е. поле изобарических кривых аппроксимируется криволинейными замкнутыми, вложенными друг в друга эллипсами, давление вдоль которых постоянно. Эту картину можно наблюдать на рисунке 2а ($n=10$, $z=0.063$), где показано распределение изобар вблизи стенки. Перед струей давление принимает максимальное значение, а за струей образуется зона с пониженным давлением. Также на графике показаны границы косого (5 - на рисунке 1 и 2а) и хвостового (6) скачков уплотнения. Эти линии являются границами передней и задней застойных зон. Здесь же прослеживается линия 7, на которой потоки, идущие сверху вниз к обтекаемой поверхности из области повышенного давления за замыкающим скачком уплотнения у стенки растекаются в разные стороны. На уровне $z=1.01$ (рисунок 2б) замыкающий скачок уплотнения выделен интенсивными линиями в виде полумесяца. Далее, в зоне основного потока (рисунок 2в, $z=1.8$), головной скачок уплотнения имеет ярко выраженную клиновидную форму.

Из картины распределения местного числа Маха в плоскости yx (рисунок 3, а) $z=0.063$, б) $z=1.01$, в) $z=1.8$), хорошо видна граница возникающей бочкообразной структуры во вдуваемой струе. Также на картине видно, что поток на пластине является дозвуковым. Непосредственно вокруг бочки возникает ускорение потока, обогнувшего струю. На уровне $z=1.01$, где течение сверхзвуковое, за струей образуется зона торможения вследствие существования области разряжения за струей. На высоте $z=1.8$ четко прослеживается клиновидная форма скачка уплотнения.

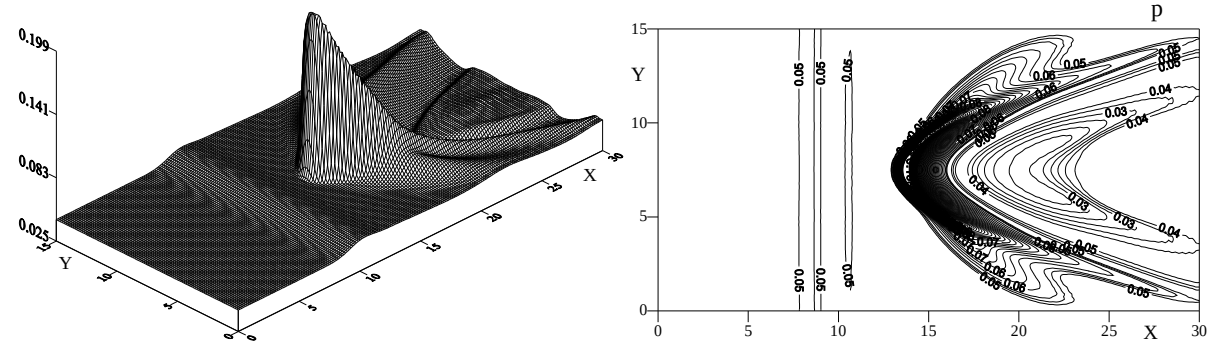
Далее выполнен численный эксперимент поставленной задачи с параметрами ($M_\infty=3$, $M_0=1$, $d=1.4$ см, $Re=1.87*10^7$, $n=15$), где течение вблизи стенки сравнивается с экспериментами работы [1]. Так, на рисунке 4а ($z=0.06$) представлено поле вектора скорости вблизи стенки. Здесь хорошо видны вышеописанные на рисунках 1 и 2 линии стекания (линии 1 и 2) и линия растекания (линия 3). Ниже, на графике 4б, показана фотография визуализирующего состава на поверхности пластины, которая дает представление о характере течения вблизи струи. Таким образом, из рисунков можно увидеть качественное согласование результатов численного расчета с экспериментом.



а)



б)

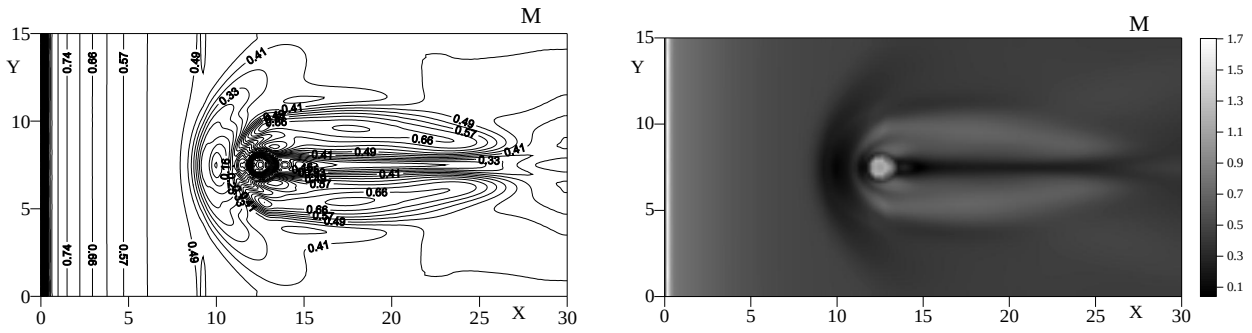


в)

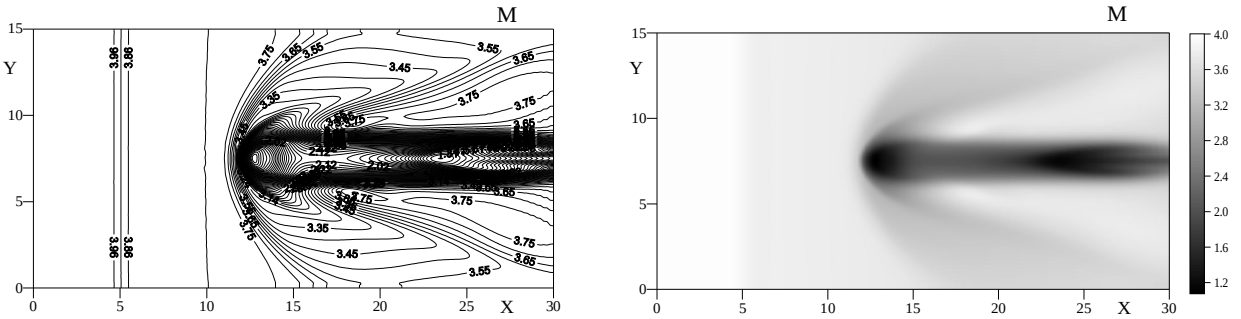
а) z=0.063, б) z=1.01, в) z=1.8

$M_\infty = 4$, $M_0 = 1$, n=10, $Pr = 0.9$, $Re = 10^4$, γ=1.4.

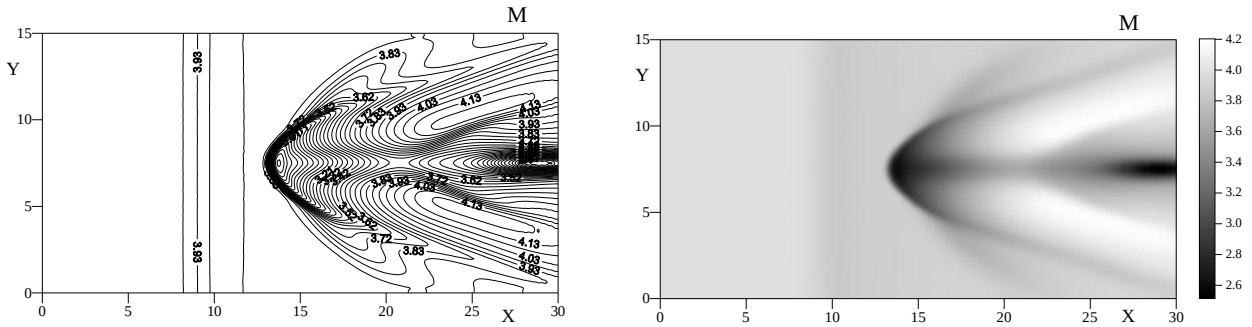
Рис.2. Распределение изобар в плоскости yx в различных сечениях z



а)



б)

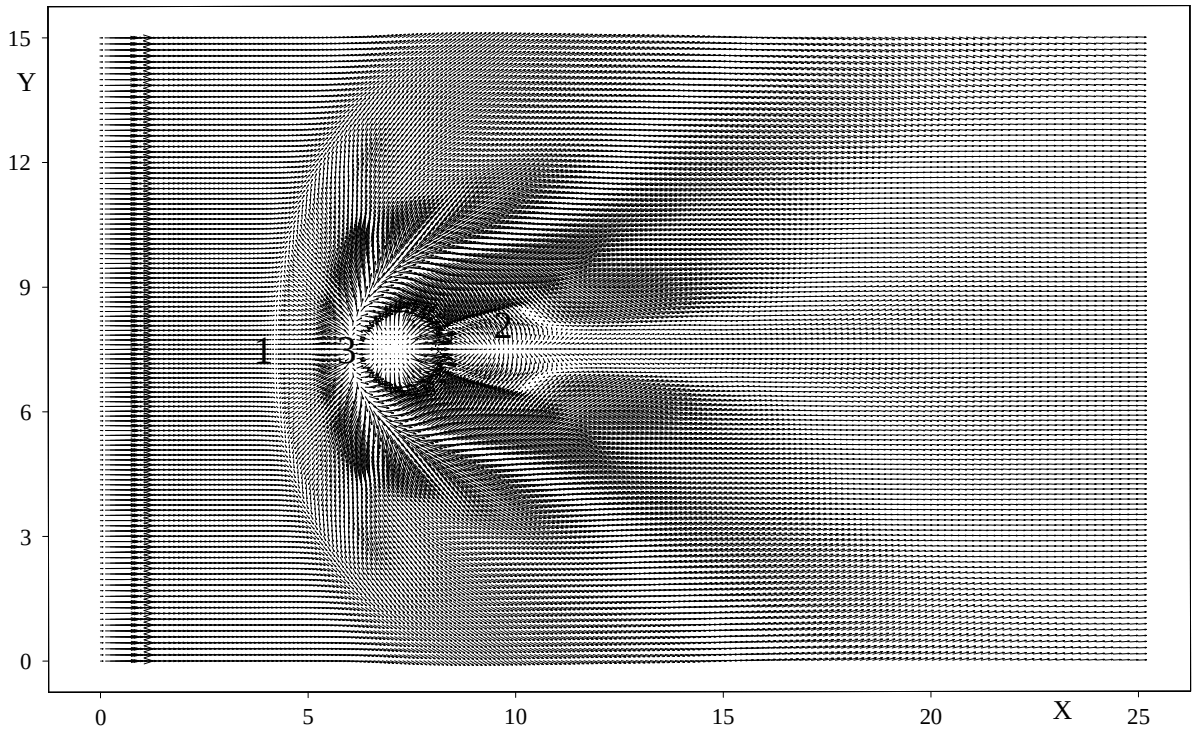


в)

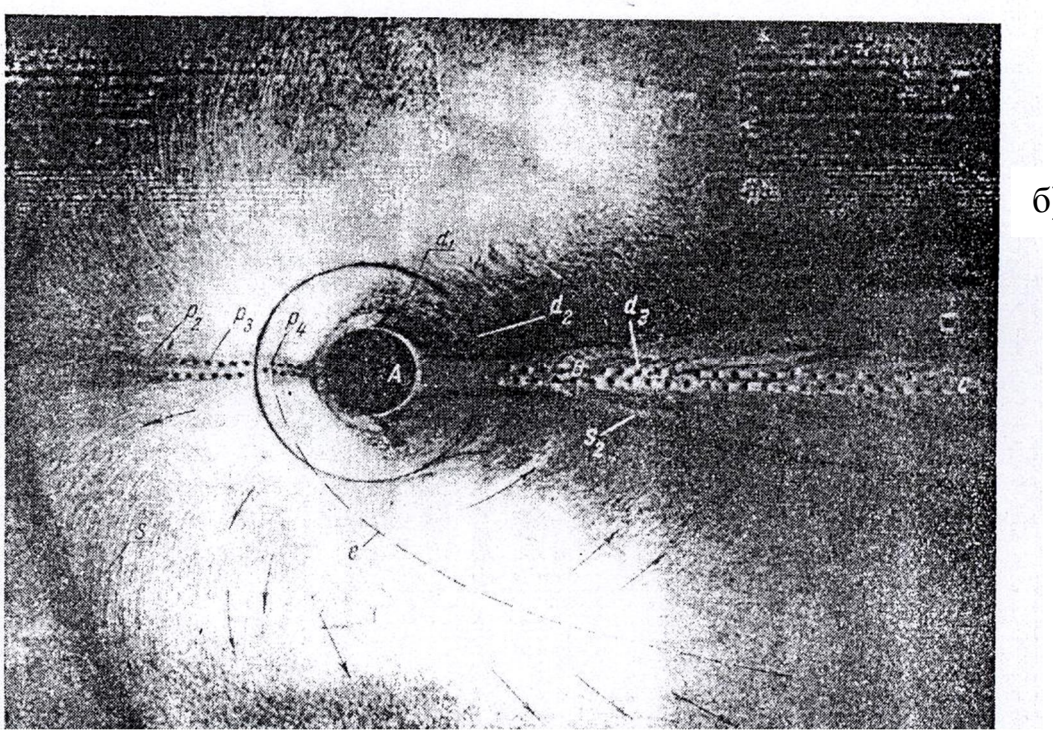
а) z=0.063, б) z=1.01, в) z=1.8

$$M_\infty = 4,\ M_0 = 1,\ n = 10,\ Pr = 0.9,\ Re = 10^4,\ \gamma = 1.4.$$

Рис.3. Распределение местного числа Маха в плоскости yx в различных сечениях z



а)



б)

а) сечении z=0.06,
б) опытные данные

M_∞=3, M_0=1, h=1.4, Re=1.87*10^7, n=15.

Рис.4. Качественное сравнение расчетов для поля вектора скорости вблизи стенки с опытом [1]

Литература

1. Глаголев А.И., Зубков А.И., Панов Ю.А. Обтекание струйного газообразного препятствия на пластине сверхзвуковым потоком // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. 1967. № 3. С.97-102.
2. Авдуевский В.С., Медведев К.И., Полянский М.Н. Взаимодействие сверхзвукового потока с поперечной струей, вдуваемой через круглое отверстие в пластине // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. 1970. № 5. С.193-197.
3. Глаголев А.И., Зубков А.И., Панов Ю.А. Взаимодействие струи газа, вытекающей из отверстия в пластине, со сверхзвуковым потоком // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. 1968. № 2. С.99-102.
4. Grasso F., Magi V., Simulation of Transverse Gas Injection in Turbulent Supersonic Air Flows // AIAA Journal. 1995. Vol.33, № 1. P.56-62.
5. Chenault C.F., Beran P.S. Numerical Investigation of Supersonic Injection Using a Reynolds Stress Turbulence Model // AIAA Journal. 1999. Vol.37, № 10. P.1257-1269.
6. Sun De- chaun, HU Chun-bo, CAI Timin Computation of Supersonic turbulent Flowfield with Transfer Injection // Applied Mathematics and Mechanics 2002. Vol. 23, №1.
7. Beresh, S. J., Henfling, J. F., Erven, R. J., and Spillers, R. W., Penetration of a Transverse Supersonic Jet into a Subsonic Compressible Crossflow, AIAA Journal, Vol. 43, No. 2, 2005, pp. 379–389.
8. Бекетаева А.О., Найманова А.Ж. Численное моделирование сверхзвукового течения с поперечным вдувом струй // Прикладная механика и техническая физика. 2004. Т.45, №3. С.72-80.
9. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости. Москва: Мир, 1991.
10. Poinsot T.J., Lele S.K. Boundary Conditions for Direct Simulation of Compressible Viscous Flows // Journal of Computational Physics. 1992. № 101. P.104-129.
11. Бим Р.М., Уорминг Р.Ф. Неявная факторизованная разностная схема для уравнений Навье-Стокса течения сжимаемого газа // Ракетная техника и космонавтика. 1978. Т. 16, № 4. С.145-156.
12. Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Москва: Мир, 1990.

УДК 621. 01; 631. 35

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА И ЕГО АНАЛИЗ

Байгазиев М. С.
КГТУ им. И.Раззакова

В статье определяются угловая скорость ударного разрушения и обмолачивания у молотильных машин, коэффициент перетирания, зависящий от конструктивных особенностей барабана и подбарабанника, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи.

The paper defines the angular velocity of the shock and destruction obmolachivaniya in threshing machines, grinding ratio, depending on the design features of the drum and podbarabannika, physical and mechanical properties of the product and supply threshed.

В молотильных устройствах самым действующим и главным рабочим органом являются барабан и подбарабанник.

Рассмотрим работу молотильного барабана радиусом *r*, вращающегося с некоторой постоянной угловой скоростью ω и равномерно загружаемого фасолью и хлебной массой *m' (кг/с)*. В соответствии с теорией В.П. Горячкина энергия, приведенная к молотильному

устройству, расходуется на преодоление сопротивлений двух основных категорий:

1. Сопротивление трению в подшипниках и передаточных механизмах, а также сопротивление воздуху;

2. Сопротивление, связанное с процессом обмолота, в результате которого изменяется состояние обрабатываемого материала.

Мощность *N*, затрачиваемая на вращение барабана, складывается из двух составляющих:

$$N = N_1^{xx} + N_{2\,x}^{P}, \qquad (1)$$

где N^{xx} – мощность, затрачиваемая на первую категорию сопротивлений;

$N_{2\,x}^{P}$ – мощность, затрачиваемая на вторую категорию сопротивлений. Величина *N1* включает в себя мощности, затрачиваемые на преодоление трения (принимается пропорциональной скорости вращения) и преодоление сопротивления воздуха (принимается пропорциональной кубу угловой скорости барабана):

$$N_1^{xx} = A\,\omega + B\,\omega^3, \qquad (2)$$

где *A* – коэффициент, представляющий собой момент сил трения;

B – коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности воздуха, формы и размеров вращающихся частей барабана [1].

Для определения N_2 следует учитывать, что действие барабана на массу сопровождается ударами и протягиванием ее в рабочей щели. Удары по массе следуют через короткие промежутки времени *(0,0045-0,0075 с)*.

Полное окружное усилие *P* на отбойной молоток барабана складывается из силы P_1, потребной на удар, и силы P_2, потребной на преодоление сопротивления протягиванию массы сквозь рабочую щель, сопровождающегося перетиранием стеблей:

$$P = P_1 + P_2. \qquad (3)$$

Воспользовавшись законом об изменении количества движения (импульса), определим силу и момент удара. Обозначим время удара через Δt. Тогда при равномерной подаче захваченная масса за время одного удара отбойным молотком будет:

$$\Delta m = m' \cdot \Delta t. \qquad (4)$$

Так как солома обладает слабой упругостью, после удара она приобретает скорость *V* захватившего ее молотком, представляющую собой окружную скорость барабана. Следовательно, количество движения, которое приобретает солома массой Δm, будет равно $\Delta m \cdot V$. По приращению количества движения определяется значение импульса силы из равенства [1]

$$P_1 \Delta t = \Delta m(V - V_O),$$

Так как $Vo = 0$, то сила удара

$$P_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot V = m \cdot V, \qquad (5)$$

Момент силы удара

$$M = P_1 \cdot r = m \cdot r^2 \cdot \omega, \qquad (6)$$

Сила P_2 по В.П. Горячкину пропорциональна полному окружному усилию *P*, т.е.

$$P_2 = f \cdot P, \qquad (7)$$

где *f* – коэффициент перетирания.

Коэффициент перетирания зависит от конструктивных особенностей барабана и подбарабанья, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи.

С учетом значений P_1 и P_2 зависимость (3) будет иметь вид:

$$P = \frac{m \cdot V}{1 - f} \qquad (8)$$

Умножив обе части этого равенства на *V*, получим выражение для мощности N_2:

$$N_2 = \frac{m \cdot V^2}{1 - f} \qquad (9)$$

Процесс работы молотильного устройства характеризуется тремя элементами:

1 – работоспособностью тракторного вала отбора мощности *(ВОМ)* как источника энергии;

2 – работоспособностью барабана;

3 – сопротивлениями обрабатываемого материала.

Механическая энергия, передаваемая *(ВОМ)* через шкив на барабан, поглощается ускорением движения последнего, которое в свою очередь поглощается сопротивлением фасоль и хлебной массы, в

связи с чем при равномерной подаче и установившемся режиме вместо возможного ускорения движения барабана происходит его равномерное движение.

Если расходуемая мощность *(ВОМ)* равна полной мощности, потребной на привод барабана в период холостого хода, т.е. когда нет подачи фасоль и хлебной массы, разность $N - N_1$ уйдет на повышение скорости барабана:

$$N - N_1 = J\frac{d\omega}{dt}\cdot\omega\cdot N_2\ , \qquad (10)$$

где $\frac{d\omega}{dt}$ – сообщаемое барабану угловое ускорение, рад/с^2;

J – момент инерции барабана, *кг·м*^{2}.

Основное уравнение молотильного барабана, связывающее между собой характеристики *(ВОМ)* как двигателя *N*, барабана *Y* и фасоль и хлебной массы *m'*, можно записать, учитывая, что N_1 составляет *5 %* от *N*, и принимая во внимание равенство (9) и (10):

$$N = J\frac{d\omega}{dt}\cdot\omega = \frac{m\cdot V^2}{1-f} \qquad (11)$$

Анализируя основное уравнение молотильного барабана (11), можно выявить характерные зависимости по режиму его работы, производительности и затратам энергии на единицу обрабатываемого материала [2].

Мощность двигателя *N*, подведенная к барабану, без подачи хлебной массы будет расходоваться на ускорение его движения:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{N}{J\cdot\omega}\ , \qquad (12)$$

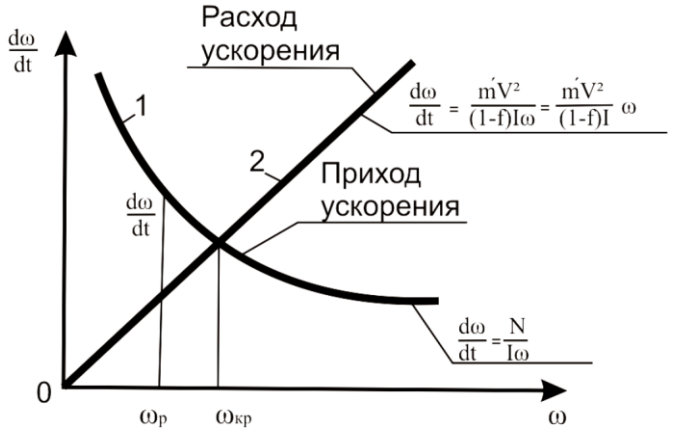


Рис. 1. Изменение углового ускорения барабана в зависимости от его угловой скорости

Возможное ускорение барабана будет тем больше, чем больше мощность *(ВОМ)* как двигателя и меньше момент инерции и угловая скорость.

При постоянных *N* и *J* угловое ускорение барабана (приход ускорения) уменьшается с повышением его угловой скорости (кривая 1 рис. 1) [1].

При загрузке барабана хлебной массой уменьшение этого ускорения (расход ускорения) будет определяться зависимостью

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m\cdot V^2}{(1-f)\cdot\omega} = \frac{m\cdot r^2}{(1-f)}\cdot\omega \qquad (13)$$

Вывод

Точка пересечения гиперболы 1 и прямой 2 определяет значение $\omega_{кр}$, при которой двигатель работает с полной нагрузкой. В этом случае любое увеличение подачи фасоли и хлебной массы приведет к снижению угловой скорости барабана и ухудшению качества обмолота.

Поэтому мощность двигателя должна быть такой, чтобы скорость $\omega_{кр}$ была больше $\omega_{раб.}$, требующейся на обмолот.

Значение $\omega_{кр}$ находится из основного уравнения барабана:

$$\omega_{кр.} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{N(1-f)}{m}} \qquad (14)$$

Литература

1. Е.И. Трубилин, В.А. Абликов, Машины для уборки сельскохозяйственных, культур (конструкции, теория и расчет): Учеб. пос. – 2 изд. перераб. и дополн. – КГАУ, Краснодар, 2010 – 325 с.
2. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т.2 М.: ГНТИ, Машиностроительной литературы, 1961.

УДК.:625.734.4:656.142

О ВЛИЯНИИ ОБУСТРОЙСТВА ПЕШЕХОДНОГО ПРОСТРАНСТВА НА УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ

Торобеков Б. Т., Охотников В.И.
КГТУ им. И.Раззакова

Статья содержит исследования функциональных и пространственных особенностей пешеходного пространства, номенклатуру наиболее распространенных препятствий на тротуарах г. Бишкек, оценку их влияния на условия движения пешеходов, а также некоторые действия для улучшения состояния функционирования пешеходного пространства.

Макала жөө жүрүүчүлөрдүн мейкиндигин өзгөчөлүүтөрүн жана функцианалдык изилдөөлөрдү, Бишкек шаарында көбүнгө тротуарларда кеңгири төрөгөн тоскоолдуктарын номенклатурасын,алардын баалоо нөө жүргүнчүлөрдүн кый мылынын шаарына о.э. жүргүнчүлөрдүн мейкиндигишип абалыл накшыртуу шарттарын камтыйт.

Пользование транспортом, в частности автомобильным, является неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. Невозможно представить современный мегаполис без развитой транспортной инфраструктуры, огромного парка различных транспортных средств. Но в последнее время все чаще звучат призывы, что современным, в первую очередь крупным и крупнейшим городам, необходимо вернуть их прежнюю, первоначальную парадигму, в соответствии с которой город - это место, где живёт и работает человек, пешеход и велосипедист важнее автомобиля, хождение пешком - естественная и основная форма передвижения человека. Она изменилась с появлением автомобиля и популяризацией автомобильного транспорта, который, несомненно, является одной из основ современной экономики и которому подчинены большинство транспортных концепций [4,5].

Автомобили всё больше и больше заполняют города, вытесняют пешеходов и препятствуют их движению. Функциональная классификация территорий и разделение движения в пространстве служат компромиссом при разрешениях появившихся противоречий. Для пешеходов создаётся обособленная инфраструктура - пешеходные пространства (тротуары, дорожки, переходы, мосты, жилые зоны, пешеходные зоны, улицы, бестранспортные зоны, пешеходные площади, аллеи, колоннады, аркады и др.) [4]. Уровень их удобства определяется условиями движения по ним. Неудобства в движении пешеходов могут быть обусловлены значительным количеством препятствий на их пути, недостаточной шириной тротуара, его эксплуатационным состоянием, высокими объёмами движения и иное. Некоторые пешеходные пространства существуют лишь физически, не выполняя своего прямого

предназначения. Подобные обстоятельства возникают из-за отсутствия контроля за функциональным состоянием и развитием пешеходных пространств. Это снижает интерес человека к их использованию и заставляет применять другой способ передвижения или выходить за пределы пешеходного пространства, что повышает риск возникновения ДТП.

К самой необходимой и распространённой пешеходной инфраструктуре относятся тротуары и переходы. Ниже приведены результаты количественной характеристики пешеходных пространств и особенности пешеходной инфраструктуры г. Бишкек (рис.1). Обследование тротуаров в центральной части города выявило ряд особенностей и недостатков:

- тротуары перестают выполнять свои исключительные функции и становятся местами осуществления хозяйственной деятельности и местом реализации интересов хозяйствующих субъектов;
- отсутствие контроля за эксплуатационным состоянием тротуаров приводит к появлению широкой номенклатуры препятствий, которые мешают движению пешеходов и снижают их эффективную ширину;
- ширина тротуаров уменьшается парковочными карманами;
- покрытие тротуаров подвержено разрушениям и деформациям.

Комплекс этих и иных недостатков делает пешеходные пространства «непривлекательными» небезопасными.

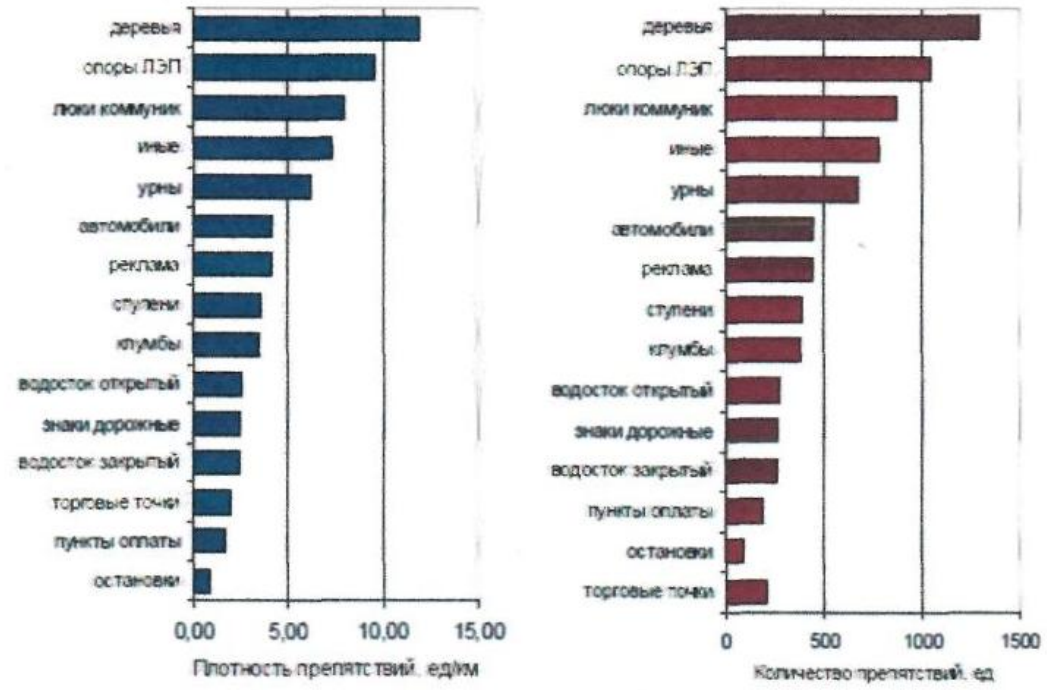
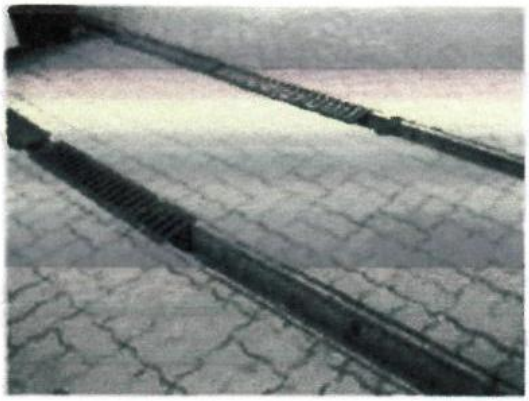


Рис. 1. Количественная характеристика и номенклатура препятствий в г. Бишкек

Основными препятствиями в пространстве тротуаров являются зеленые насаждения, люки, опоры ЛЭП и городского освещения. Препятствия в основном располагаются в крайних зонах. В зоне, расположенной рядом с линией застройки, чаще всего встречаются ступени и урны. В зоне, расположенной непосредственно рядом с дорогой, чаще остальных встречаются зеленые насаждения, дорожные знаки, опоры ЛЭП и городского освещения. На территории пешеходного пространства располагаются такие препятствия, которые просто необходимо переместить в специально отведенные зоны. К ним относятся: торговые точки, пункты приема платежей, автомобили, стоящие на тротуарах и иные (рис.2).



а) Автомобили



б) Открытые водостоки



в)Лестницы



г) Торговые павильоны



д) Деревья



е) Разрытия

Рис.2. Варианты дислокации препятствий на тротуарах г. Бишкек

Реализация этих мер увеличит полезную ширину тротуара на 21 %. При этом необходимо помнить, что большие пешеходные пространства требуют размещения рекламы, витрин, пунктов обслуживания, павильонов, магазинов. Это связано с необходимостью обеспечения их аттрактивности и более эффективного использования. Доказано, что отсутствие привлекательных и безопасных пешеходных пространств заставляет человека использовать транспорт при передвижении

по рабочим целям, даже при незначительной длине маршрута. Развитие пешеходных пространств Копенгагена, например, привело к тому, что за последующие после реализации проекта 2 года горожане стали регулярно покидать свои дома в течение 10 месяцев вместо прежних двух - что, несомненно, является фактором повышения мобильности [5].

Охарактеризовать влияние препятствий на уровень удобства движения пешеходов по тротуарам можно с использованием критериев оценки условий движения (удельная интенсивность движения, скорость и плотность пешеходного потока), которые взаимосвязаны между собой.

Наблюдения показывают, что покрытия пешеходных пространств подвержены разрушениям и деформациям. Встречаются следующие виды деформаций и разрушений: износ, обламывание кромок, просадки, проломы, шелушение, трещины и др. Для сохранения пешеходных пространств и их привлекательности, для обеспечения безопасных и комфортных условий движения по ним следует реализовать комплекс мероприятий:

1. Тротуары должны иметь достаточную ширину и содержаться в надлежащем состоянии.
2. Упорядочить дислокацию объектов, необходимых для эффективного функционирования пешеходных пространств.
3. Все помехи для движения пешеходов должны быть устранены.
4. Для предотвращения случайного и намеренного проникновения автомобилей в пешеходное пространство необходимо управлять доступом к его территориям.
5. Адаптировать пешеходные пространства к движению людей с ограниченными физическими возможностями.
6. Обеспечить эстетическую привлекательность и аттрактивность пешеходных пространств.

Представленный фактический материал является результатом собственных наблюдений авторов. Оценка условий движения пешеходов выполнена натурным методом с использованием наблюдателей.

Литература

1. Велев П. Пешеходные пространства городских центров. М. 1983. 192 с.
2. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. М. 2001.247 с.
3. Блинкин М. Город для жизни // Твоя дорога. 2011. №4. С. 79.
4. Строительные нормы и правила 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
5. Гейл Я. Очеловечивание городов // Твоя дорога. 2012. №3. С. 22..

УДК.: 001.891.54:539.383:62-567.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖАТИЯ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА В ANSYS
MODELLING OF COMPRESSION OF THE RUBBER METAL SHOCK-ABSORBER IN ANSYS

Аскарбеков Р.Н.
КГТУ им. И.Раззакова
ingener87@mail.ru

Резинометаллические амортизаторы (РМА) в процессе эксплуатации испытывают различные деформации. Физико-механические параметры таких деталей возможно определить только проведя эксперимент. В данной статье приводится пример расчета основных физико-механических показателей с помощью моделирования испытания на сжатие резинометаллического амортизатора.

Rubber metal shock-absorbers while in service test various deformations. Physics and mechanical parameters of such details, probably to define only are having made experiment. In given article to be resulted the example of calculation of the basic physics and mechanical indicators, by means of modeling of test for compression rubber metal shock-absorbers.

В лаборатории кафедры «Механика» КГТУ им. И. Раззакова проведены испытания РМА на сжатие, для этой цели были изготовлены различные виды РМА. Также в ходе эксперимента строилась модель РМА. или ее испытания в вычислительном комплексе ANSYS. Ниже приведен расчет РМА, состоящего из 1 слоя резины и двух металлических слоев.

Сжатие является основным видом деформации, большинства резиновых и резинометаллических деталей. Как правило, они представляют собой детали цилиндрической, призматической или конической формы. Торцовые поверхности резиновых элементов обычно крепятся к металлическим пластинам или помещаются в опорные детали тарельчатого типа. В любом случае исключается перемещение торцовых поверхностей. Эффект торцов оказывают большое влияние на работу и расчет резиновых и резинометаллических деталей. Линейная зависимость между напряжением и деформацией в деталях с закрепленными торцами возможна лишь в пределах относительной деформации ε=0,1÷0,15. При отсутствии краевого эффекта (наличие гладкой опорной поверхности и смазки) линейная зависимость наблюдается при ε=0,3÷0,4.

При больших деформациях и наличием краевого эффекта снижающая сила F связана с деформацией следующей приближенной формулой [1]

$$F = \frac{1}{3} EA\left(\frac{1}{\lambda^2} - \lambda\right), \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{E}$ – модуль упругости при малых деформациях; $\boldsymbol{A}$ - начальная площадь поперечного сечения; $\boldsymbol{\lambda=(h-f)/h}$ – степень сжатия детали; $\boldsymbol{h}$ и $\boldsymbol{f}$ – начальная высота и осадка детали. В уравнении (1) введем коэффициент $\boldsymbol{\beta}$, учитывающий краевой эффект, т.е.

$$F = \frac{1}{3} \beta EA\left(\frac{1}{\lambda^2} - \lambda\right) \qquad (2)$$

Для деталей, имеющих простые геометрические формы, значение коэффициента $\boldsymbol{\beta}$ можно получить аналитическим путем [2, 3]. После установления зависимости осадки и нагрузки можно определить жесткость поперечного сечения детали и возникающие в ней напряжения.

Возможности статического прочностного анализа программы ANSYS используются для определения перемещений, напряжений, деформаций и усилий, которые возникают в конструкции или ее составных частях в результате приложения механических сил. Статический анализ пригоден для задач, в которых дей-

ствие сил инерции или процессы рассеяния энергии не оказывают существенного влияния на поведение конструкции. Такой тип анализа можно использовать во многих приложениях.

В программе ANSYS для решения многочисленных задач статики используются численные методы. Разрешающее уравнение статического анализа записывается в виде

$$[K]\{u\}=\{F\}, \quad (3)$$

где [K] - матрица жесткостей; {u} - вектор перемещений.

Компоненты вектора сил {F} могут представлять собой сосредоточенные силы, тепловые нагрузки, давления и силы инерции. Статический анализ в программе ANSYS может включать такие нелинейности, как пластичность и ползучесть материала, большие прогибы, большие деформации и контактное взаимодействие. Нелинейный статический анализ обычно выполняется при постепенном возрастании нагрузок, чтобы можно было получить верное решение. [4, 5]

При проведении расчетов или моделирования в ANSYS сначала нужно создать в среде ANSYS необходимый элемент (рис. 1 - объект), далее проводятся составление алгоритма расчета.

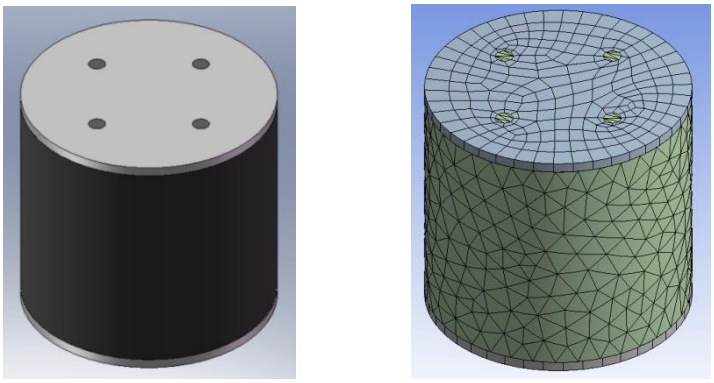


Рис. 1. Общий вид образца и его конечно-элементная сетка.

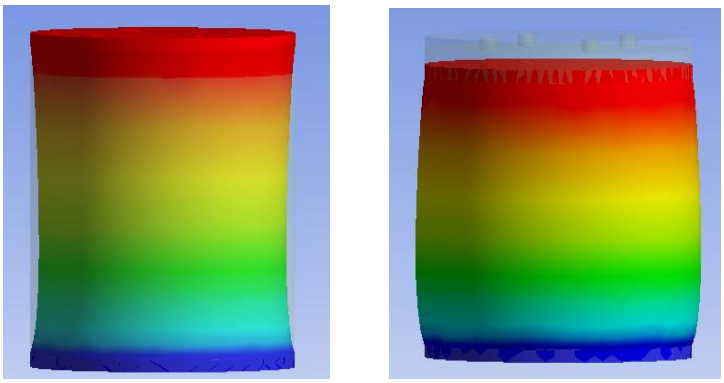


Рис. 2. Моделирование растяжения и сжатия РМА.

Геометрические параметры РМА: высота - 0,1 м, диаметр – 0,105 м, толщина металлических слоев (пластин) – 0,0004 м. Параметры, задаваемые в ANSYS: модуль упругости – 4200 кН/м^2, плотность резины – 13,5 кН/м^3.

Для проведения расчета данный объект разбивается на конечно-элементную сетку. Величина сетки выбирается самой оптимальной в зависимости от геометрических параметров объекта и задается самой программой (в режиме «*авто*»). В программной среде ANSYS содержатся формулы, аналитические зависимости, которые позволяют получать численные результаты расчетов. Радужный вид объекта позволяет наглядно увидеть поле деформаций и напряжений, а по приводимой слева шкале можно определить численное значение интересующей области.

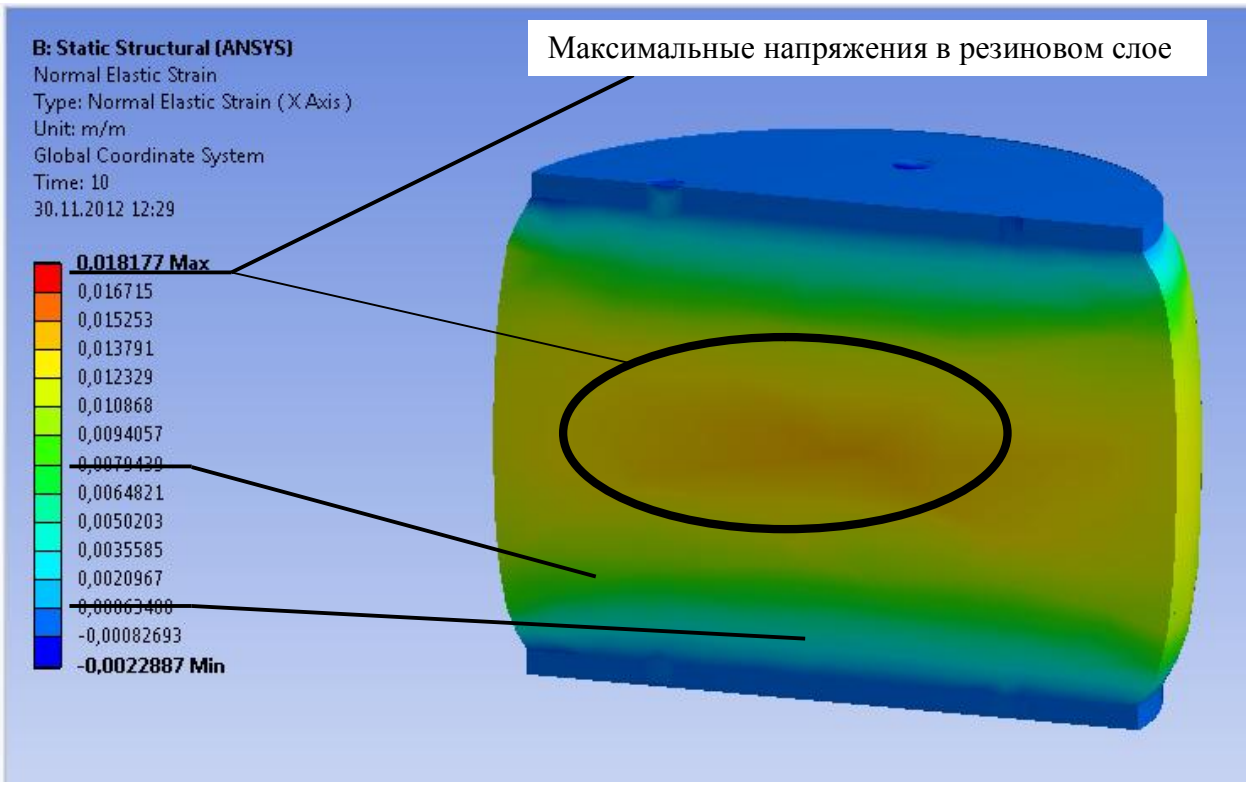


Рис. 3. Разрез образца, который испытывает напряжение при сжатии

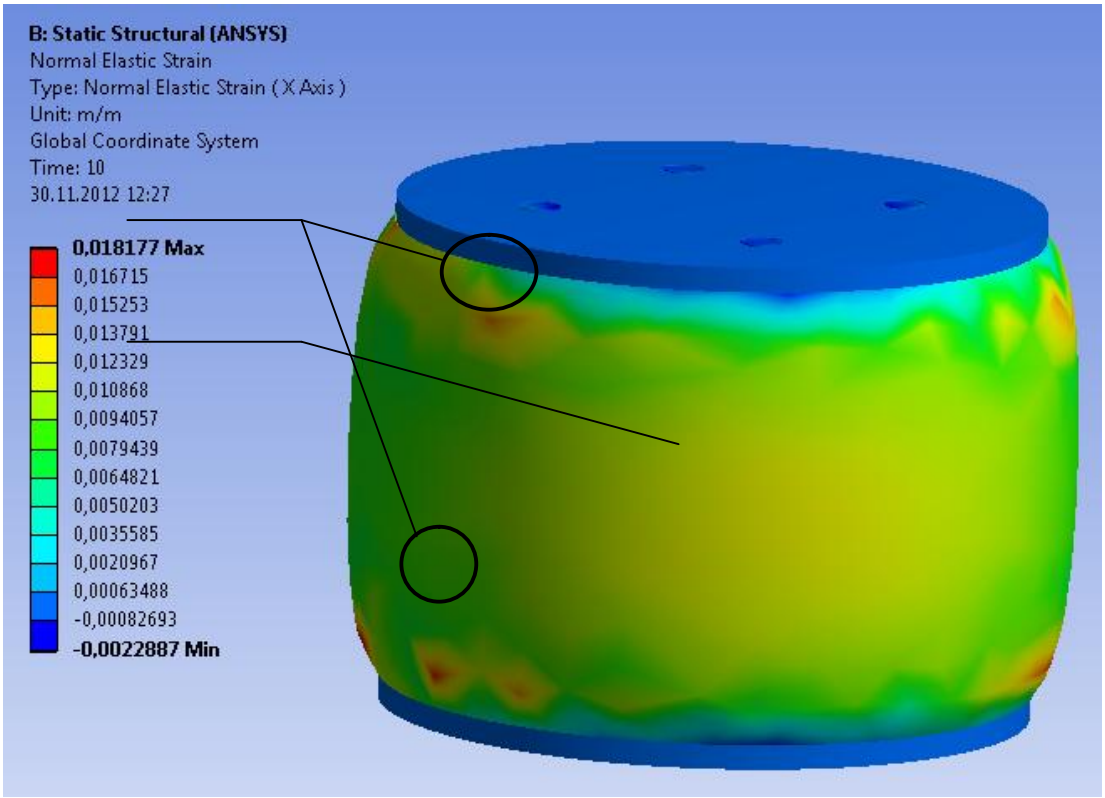


Рис. 4. Распределение деформации в образце

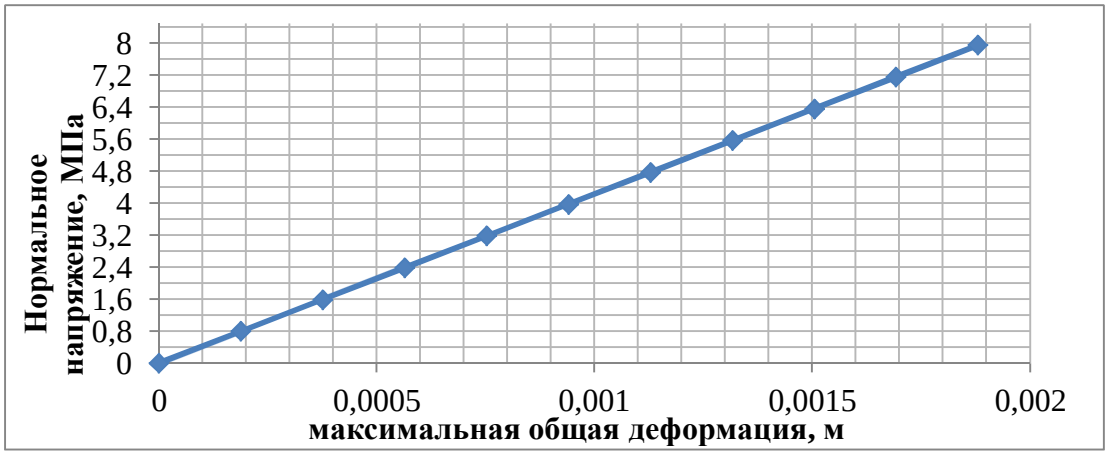


Рис. 5. Диаграмма напряжения и деформации в РМА

Для моделирования сжатия нижний конец РМА закрепили и приложили распределенную нагрузку на верхний торец. На рис. 2 приведена модель РМА в нагруженном виде Задано 10 этапов нагружений, т.е. нагрузка восрастает постепенно. По радужному виду и по шкале видно, что наиболее деформируются верхние слои РМА. Деформация распределяется сверху вниз.

В данном программном обеспечении можно провести разрез и рассматривать оставшуюся часть в отдельности. На рис. 3 можно рассмотреть распределение зоны напряжений в резиновом слое в поперечном разрезе. Максимальные значения напряжения обозначены красным цветом по шкале, из рисунка видно распределение красного цвета в среднем слое резины.

Из полученных расчетов построена зависимость между напряжением и деформацией для данного вида РМА, которая приведена на рис. 5.

Вывод. Расчет РМА численным методом требует меньше времени. В ANSYS имеется стандартный каталог основных параметров материалов, также есть возможность самостоятельно задавать рабочие параметры материала, что делает данный программный продукт более гибким и более реалистичным. Данное программное обеспечение позволяет определить важные физико-механические параметры РМА.

Проведенный расчет в ANSYS позволяет смоделировать поведение резинометаллического образца при сжатии. Преимуществом данного программного обеспечения является его трехмерные возможности.

Литература

1. Бидерман Л.В. «Вопросы расчета резиновых деталей» Сб. «Расчеты на прочность». Вып. 3, М., Машгиз, 1958, 27 с.
2. Понамарев С.Д. «Расчеты на прочность в машиностроении». Т.II, М., Машгиз, 1958. 544 с.
3. Потураев В.Н. «Резиновые и резинометаллические детали машин». Машиностроение. 1966, 298 с.
4. Басов К.А. Ansys в примерах и задачах/ Под общ. ред. Д.Г. Краковского. – М.: Компьютер - пресс, 2002. -224 с.
5. Басов К.А. Графический интерфейс комплекса Ansys. М.: ДМК - Пресс, 2006.-248с.

УДК.: 621.7.014.2:62-567.1:539.383

ДЕФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА ПРИ СЖАТИИ
DEFORMATION OF THE RUBBER METAL SHOCK-ABSORBER AT COMPRESSION

Аскарбеков Р.Н., Рабидинова Ж.Д.
КГТУ им. И.Раззакова,
ingener87@mail.ru

Для определения физико-механических показателей резинометаллического амортизатора (РМА) проведено испытание на сжатие. Учитывая особенности резины как конструкционного материала, требуется четкое представление о механическом поведении, о влиянии параметров резинометаллических деталей на работоспособность, поведение РМА при различных видах нагружения.

For definition of physics and mechanical indicators the rubber metal shock-absorber test for compression is conducted. Considering features of rubber as constructional material, accurate representation about mechanical behavior, about influence of parameters rubber metal details on working capacity, behavior of the rubber metal the shock-absorber is required at various kinds stressing.

Сжатие является основным видом деформации, большинства резинометаллических деталей. При нагружении резина сдавливается и выпучивается по краям (рис.1). Металлическая пластина распространяет равномерно всю нагрузку и практически не испытывает сжатия.

Решение этой осесимметричной нелинейной задачи с использованием цилиндрической системы координат r, φ, z $(0 \le r \le a, 0 \le \varphi \le 2\pi, -h \le z \le h)$ приведено в [1, 2]. В расчетах принималась гипотеза о плоских сечениях для полей перемещений u^0 и ω^0 соответственно в направлениях r и z:

$$u^0 = r\left(-1 + \frac{1}{\sqrt{f'}}\right);\ \omega^0 = -z + f(z);\ f' = \frac{\partial f}{\partial z} \qquad (1)$$

Функция $f(z)$, удовлетворяющая граничным условиям и условиям симметрии

$$f'(\pm h) = 1;\quad f(\pm h) = \pm \lambda h;\quad f(0) = 0;\quad \lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}, \qquad (2)$$

определена в виде

$$f(z) = \frac{h}{\beta}\cos^2\beta\ tg\ y;\ y = \beta\frac{z}{h}. \qquad (3)$$

В указанном решении скалярной функции давления $p^0(r, z)$ соответствует выражение

$$p^0 = Б - \frac{f'^2}{2} + \frac{r^2}{h^2}\frac{\beta^2}{2}\frac{1}{f'^2}, \qquad (4)$$

где

$$Б = \frac{3}{16}\cos^4\beta - \frac{tg\beta}{\cos\beta}\ln^{-1}\frac{1+\sin\beta}{1-\sin\beta}\left(2 - \frac{\cos^2\beta}{4} - \frac{3}{8}\cos^4\beta + \beta^2\frac{a^2}{h^2}\right), \qquad (5)$$

а параметр β связан с осадкой амортизатора Δ через степень сжатия $\lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}$ зависимостью $\lambda = \frac{\sin 2\beta}{2\beta}$. (6)



Рис. 1. Образец до испытания. Сжатие резинометаллического образца



Рис. 2. РМА – вид сверху. Испытательная машина УМ-100

Поскольку в (4) постоянная $Б$, указанная в (5), определялась из смягченного статического краевого условия $\int_{-a}^{a} t_{rr} r \Big|_{r=a} d\,z = 0$, решение в форме (1) — (6) носит приближенный характер. Из условия равновесия сжимающей силы P_z и напряжений на торцах $z = \pm h$ резинового элемента

$$^{(1)}P_z = -2\pi \int_0^a t_{zz}\Big|_{z=\pm h} r\,dr = -2\pi \int_0^a G\left(f' + \frac{p^0}{f'}\right)\Bigg|_{z=\pm h} r\,dr$$

находим зависимость для расчета нелинейной диаграммы сжатия нового элемента цилиндрического амортизатора:

$$^{(1)}P_z = FG\left[\frac{tg\,\beta}{\beta}\ln\frac{1+\sin\beta}{1-\sin\beta}\left(2 - \frac{\cos^2\beta}{4} - \frac{3}{8}\cos^4\beta\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2} - \frac{3}{16}\cos^4\beta + \beta^2\frac{a^2}{h^2}\left(\frac{tg\,\beta}{\cos\beta}\ln\frac{1+\sin\beta}{1-\sin\beta} - \frac{1}{4}\right)\right]. \qquad (7)$$

С учетом (6) линейная зависимость, вытекающая из (7), при $\beta = 0$ приобретает вид

$$P_z^{л} = \lim_{\beta \to 0} {}^{(1)}P_z = FG\frac{\Delta}{2h}\left(3 + \frac{3}{8}\frac{a^2}{h^2}\right) =$$

$$= 3FG\frac{\Delta}{H}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{a^2}{H^2}\right); \quad H = 2h\ . \tag{8}$$

На основе линейной зависимости (8) представляется возможным получить по модели дельта-метода соответствующую линеаризованную и далее нелинейную зависимости для оценки жесткости при сжатии резинового элемента без подробных вычислений. Заменив H на $H\lambda$ и $\frac{\Delta}{H}$ на $\left(-\frac{d\Delta}{H}\right)$ в (8), получим линеаризованную зависимость:

$$d({}^{(3)}P_z) = -3FG\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2}\frac{a^2}{H^2}\frac{1}{\lambda^3}\right)d\lambda\ ,$$

интегрированием которой по параметру нагружения и определяем зависимость для расчетов нелинейной диаграммы сжатия резинового элемента цилиндрического амортизатора

$$ {}^{(3)}P_z = -3FG\int_1^{\lambda}\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2}\frac{a^2}{H^2}\frac{1}{\lambda^3}\right)d\lambda = $$

$$= 3FG\left[-\ln\lambda + \frac{1}{4}\frac{a^2}{H^2}(\lambda^{-2} - 1)\right]. \tag{9}$$

Зависимость (9) соответствует расчетным и особенно эмпирическим, зависимостям других работ [3, 4, 5, 6].

В лаборатории кафедры «Механика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова проведено испытание на сжатие резинометаллического образца (РМО). Он изготовлен из резины марки СНК МБС – 3826 и стальных пластин марки 45, (В резиновом цехе ОсОО «БАРЗ») высотой 0,1м и диаметром 0,105м (рис.2).

В специально изготовленной металлической пресс-форме под нагрузкой сварены слой резины и 2 металлические пластины толщиной 0,004 м.

Многочисленные опыты показали, что механические свойства деталей могут существенно отличаться от механических свойств резины, из которой они изготовлены. Причина подобного различия является так называемый фактор формы. Особенно сильно это влияние при деформации сжатия.

Влияние соотношения размеров на модуль упругости детали E_y оценивается фактором формы. Для цилиндрической детали фактор формы равен:

$$\Phi = \frac{\pi D^2}{4\pi Dh} = \frac{D}{4h}, \tag{10}$$

D – Диаметр цилиндрической детали; h – высота детали

Влияние фактора формы проявляется так же при сдвиговых деформациях. Условный модуль сдвига G_y в этом случае может быть найден по формуле:

$$G_y = G/\left(1 + \frac{1}{36\Phi^2}\right) \tag{11}$$

где $\boldsymbol{G}$ - модуль сдвига материала резины; Ф - фактор формы.

Жесткость образца определяется из закона Гука:

$$C = \frac{GF}{h}, \tag{12}$$

где **G** – модуль сдвига; $\boldsymbol{F}$ - площадь поперечного сечения по плоскости сдвига; $\boldsymbol{h}$ – высота резинового элемента.

Модуль упругости и сдвига РМА определяется по формуле:

$$E = \sigma/\varepsilon, \quad E = 6G \tag{13}$$

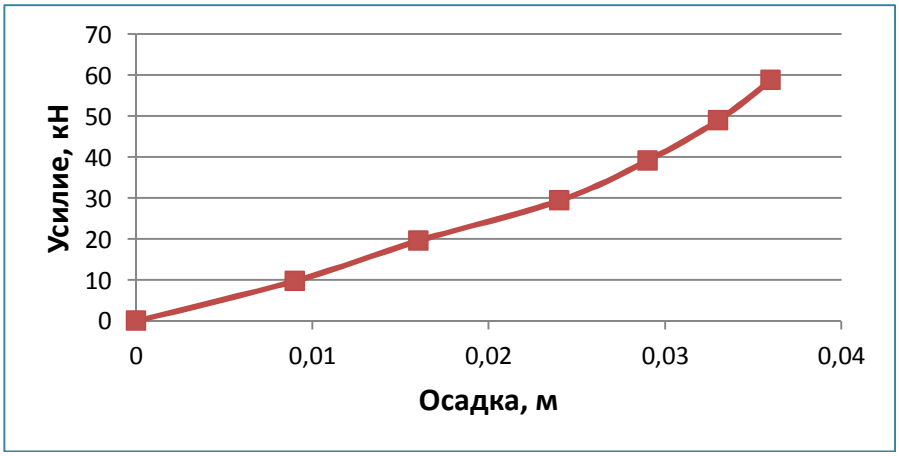


Рис. 3. Показания приборов в лаборатории кафедры «Механика».

При проведенном испытании для данного вида РМА по приведенным формулам определены следующие важные физико-механические параметры:

$E=4380$ *кН/м*^{2}; $Ф=0{,}2625$; $C=63{,}3$ *кН/м*; $G=730$ *кН/м*^{2}.

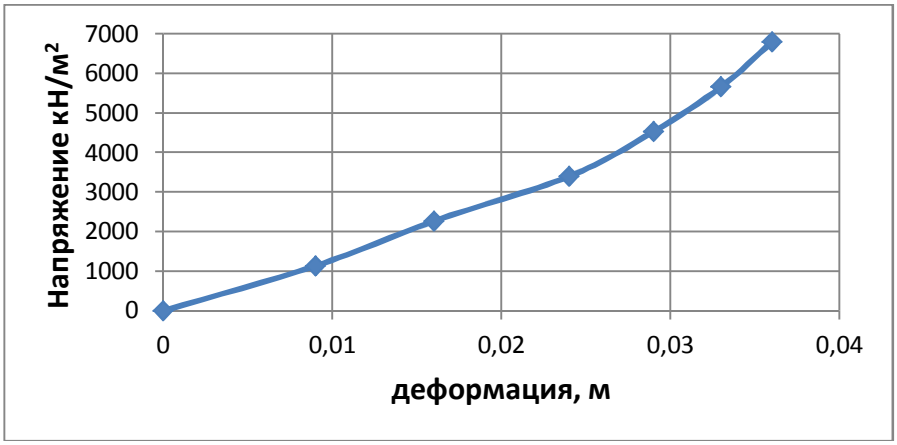


Рис. 4. График нагружений и деформаций РМА в ходе эксперимента

Вывод. Полученные данные от проведенного эксперимента показывают, что диаграмма напряжение-деформация резинометаллического амортизатора существенно отличается от таких же диаграмм для стали и резины. Модуль упругости РМА при малых деформациях такой же, как у резины, так как в процессе деформирования РМА деформируется только резиновый слой.

Литература

1. Дымников С.И. Влияние сжатия на сдвиговую жесткость резиновых амортизаторов // Вопр. динамики и прочности. - 1976. -Вып. 32. - С. 88 - 95.
2. Прикладные методы расчета изделий из высокоэластичных материалов // С. И. Дымников, Э.Э. Лавендел. А.Л. Павловские. М. И. Сниегс. — Рига: Зинатне, 1980. — 238 с.
3. Бидерман В.Л., Сухова Н.А. Расчет цилиндрических и прямоугольных длинных резиновых амортизаторов сжатия // Расчеты на прочность. 1978 — Вып. 13. — С. 55 — 72.
4. Бидерман В.Л., Сухова Н.А. Определение сдвиговой жесткости сжатых резиновых амортизаторов // Изв. вузов. Машиностроение. - 1966. - № 4 - С. 52 - 58.
5. Лукомская А.И., Евстратов В.Ф. Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин. — М.: Химия. 1975. — 360 с.
6. Payne A. R. Shape factors and functions in rubber engineering // Engineering. — 1959. — Vol. 207, N 5379. — P. 51—59.

УДК.:005.414:656.614-026.91(100)

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК
PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF INTERNAL AND INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT

Калназаров У.А.
КГТУ им. И.Раззакова

Приведен анализ состояния и развития внутренних и международных автомобильных перевозок и существующие международные транспортные коридоры грузопотоков по автомобильным дорогам, парка автотранспортных средств республики по срокам нахождения в эксплуатации и задачи развития автотранспортной отрасли.

An analysis of state and development of domestic and international road transport, existing international transport corridors traffic on the road, the vehicle fleet of the Republic on the schedule of their operation and tasks of development of the road transport industry.

В Кыргызской Республике ведущая роль в перевозках грузов принадлежит автомобильному транспорту. Им перевозится 95 % груза от общего объема грузов, перевозимых всеми видами транспорта.

На сегодняшний день автомобильный парк Кыргызской Республики составляет около 425 тыс. автомобилей, из них более 348,5 тыс. легковых, 52,4 тыс. грузовых автомобилей, и более 20,8 тыс. автобусов и микроавтобусов.

В настоящее время в автомобильной отрасли задействованы 50 юридических лиц по перевозке грузов, а также более 20300 частных лиц по перевозке грузов и 69 предприятий структурных подразделений Министерства транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики, обеспечивающих автомобильный транспортный процесс. /2/

Ежегодно в автомобильной отрасли увеличивается автомобильный парк транспортных средств, а также объем перевозок грузов автомобильным транспортом /1/.

Перевозки грузов всеми видами транспорта, млн.т

Вид транспорта	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.
Транспорт –всего, млн.т	27,4	3,3	34,3	36,3	36,9
Железнодорожный	1,9	2,3	1,8	1,0	1,0
Автомобильный	24,9	27,1	31,9	35,0	35,6
Трубопроводный	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3
Внутренний водный, тыс.т	34,6	26,5	42,6	23,4	16,0
Воздушный, тыс.т	0,7	0,6	0,9	0,9	1,0

Так, в 2009 г. объем перевезенных грузов всеми видами транспорта по сравнению с 2008 г. увеличился на 4,5 %. Всего осуществлено грузовых перевозок на 36,3 млн. тонн, из них автомобильным транспортом перевезено 35,0 млн. тонн грузов, по сравнению с 2008г. рост составил 108,4%, грузооборот составил 1259,2 млн. тонн/км или рост - 113% /2/.

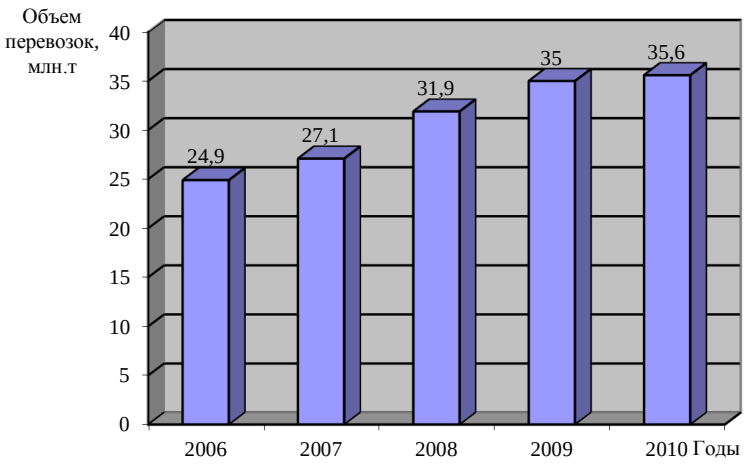


Рис. 1.1. Объём перевозок грузов автомобильным транспортом

Анализ парка автотранспортных средств республики по срокам нахождения в эксплуатации показывает на прогрессирующее старение подвижного состава, значительная часть автомобилей находится на пределе выработки ресурса и требует обновления. Так, за последние пять лет (2006-2010 гг.) доля грузовых автомобилей со сроком эксплуатации более 10 лет возросла с 28 % до 41 % и с 30 % до 48 % соответственно.

Эффективная деятельность автомобильного транспорта обеспечивается соответствующей инфраструктурой, к которой в первую очередь относится сеть автомобильных дорог. В нашей горной республике автомобильные дороги составляют основу всей транспортной системы государства и совершенно очевидно, что автотранспортные перевозки доминируют во всех отраслях экономики. Общая протяженность автомобильных дорог в республике составляет около 34000 км, включая 18810,0 км дорог общего пользования и 15190 км дорог городов, сел, сельскохозяйственных, промышленных и других предприятий. Международные дорожные коридоры, а также внутренняя сеть автомобильных дорог обеспечивает практически единственный способ доступа к региональным рынкам товаров, услуг, и играют существенную роль в обеспечении связи между основным экономическими центрами внутри страны. Сохранение и улучшение региональных дорожных коридоров является естественным приоритетом государства в дорожно-транспортном секторе и структурной экономики республики. В настоящее время необходимо реформирование системы государственного регулирования в дорожно-транспортном комплексе, как доминирующего сектора народного хозяйства.

На сегодня общественно-значимыми являются факторы ускорения и регулярности доставки грузов автомобильным транспортом. Поэтому производители ориентируются на перевозки по автомобильным дорогам не только на ближние, но и на дальние расстояния.

Анализ существующих грузопотоков по автомобильным дорогам республики позволяет выделить следующие международные транспортные коридоры: Бишкек - Нарын – Торугарт – граница с КНР; Бишкек – Алматы; Ош – Сары Таш – Иркештам – граница с КНР; Граница с Таджикистаном - Карамык – Сары-Таш – Иркештам – граница с КНР; Бишкек – Ош - Андижан; Бишкек – Чалдовар – граница с Казастаном; Суусамыр – Талас – Тараз; Ош - Исфана – граница с Таджикстаном; Балыкчы – Чолпон – Ата – Тюп – Кеген – граница с Казахстаном.

Транзитом по автомобильным дорогам Кыргызстана осуществляются пе-

ревозки преимущественно между республиками Средней Азии и Российской Федерации.

Одной из стратегически важной транспортной артерией нашей республики является автомобильная дорога Бишкек-Ош, протяженностью около 678 км. Она связывает север и юг, и формирует единое экономическое и политическое пространство.

В международном плане также неизмеримо высока роль автодороги Бишкек-Ош. Она активно вовлечена в процесс международной транспортной интеграции, как в рамках пяти государств Центральной Азии, так и в рамках государств Организации Экономического Сотрудничества, которая объединяет десять государств южно-азиатского субконтинента.

Одним из перспективных международных договоров в области развития транзитных сообщений, можно отнести Соглашение о транзитных перевозках между Казахстаном, КНР, Кыргызстаном и Пакистаном подписанное 9 марта 1995 года в г. Исламабаде./3/

Кыргызстан поддерживал и поддерживает данное соглашение. Это соглашение играет важную роль для Кыргызстана, как для государства, не имеющего выхода к морю. Реализация соглашения даст возможность в использовании транзитного потенциала и развития торгово-экономического отношения с другими государствами, т. е. открывается южный коридор: Бишкек (Кыргызстан) - Кашгар (КНР)- Карачи (Пакистан) далее к морю в район Персидского залива.

Международные перевозки автомобильным транспортом республики начали развиваться с 1993 года. В целях развития международных автоперевозок и участия в них отечественных перевозчиков, заключены соглашения о международных автомобильных сообщениях с 18 государствами дальнего и ближнего зарубежья. Это 11 стран СНГ: Россия, Украина, Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Таджикистан, Азербайджан, Молдова, Грузия, Армения, а также Латвия, Турция, Иран, Пакистан, Китай, Германия и Польша.

Как показала практика независимого развития республики, необходимы научные исследования по автомобильным дорогам, которые должны были проводиться в нескольких направлениях: это оценка и дальнейшее развитие научно-технических разработок, совершенствование правовой и нормативно-технической базы отрасли, которая должна быть переработана и адаптирована к современным условиям. Развитие транспорта должно быть ориентировано на формирование государственно-территориального устройства, внутреннего и внешних рынков, а также на удовлетворение потребностей населения в транспортных перевозках.

В перевозках в основном задействованы мелкие предприятия и физические лица, которые занимаются только коммерческой эксплуатацией автотранспортных средств, не имеют в собственности производственно-технической базы и мест для их хранения. В перевозках задействован водительский состав и инженерно-технические работники с недостаточной квалификацией для обеспечения безопасности автомобильных транспортных процессов. Необходимо проводить обучение персонала, связанного с автомобильными перевозками, но существуют проблемы связанные с оснащением учебных центров современной оргтехникой.

Одним из основополагающих принципов разрешительной системы при регулировании международных автоперевозок является обеспечение паритета, и его применение способствует более равномерному участию перевозчиков в транспортировке грузов, как в двустороннем, так и в транзитном сообщении через территории государств-участников системы. В тоже время, на отечественном рынке автоперевозок усиливается присутствие иностранных перевозчиков, в результате чего остаются открытыми вопросы защиты отечественных перевозчиков, которые постепенно вытесняются даже с внутреннего рынка автоперевозок.

Из-за ненадлежащего транспортного контроля за автомобилями при въезде на территорию республики, которыми превышаются допустимые весовые и габаритные параметры, все большее распространение получает увеличение удельного веса предоставляемых услуг транспортными средствами иностранных перевозчиков, разрушающие автомобильные дороги, тем самым нанося вред дорожной отрасли, а также безопасности движения. Процесс автомобилизации продолжает наращивать темпы.

Одной из проблем для беспрепятственного проезда кыргызских автоперевозчиков по территории других государств является вопрос присоединения Кыргызской Республики к Европейскому Соглашению, касающегося работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР), подписанного в Женеве 1 июля 1970 года, направленного на развитие и улучшение международных автомобильных перевозок, повышение безопасности дорожного движения, регламентацию условий труда водителей и экипажей транспортных средств, и предназначенного для регистрации скорости движения транспортного средства и пройденного пути, а также регистрации режима труда и отдыха, других режимов занятости водителя. К этому Соглашению присоединилось 47 государств: все страны Евросоюза и страны СНГ (кроме Грузии, Кыргызстана и Таджикистана). С 16 июля 2010 года вступили в силу поправки к ЕСТР, касающиеся условий применения цифровых тахографов на новых грузовых автотранспортных средствах.

Отдельные механизмы по обеспечению безопасности автоперевозок и качества автомобильных транспортных услуг не подкреплены на законодательном уровне мерами воздействия на нарушителей. В нормативных правовых актах, кроме ответственности автомобильных перевозчиков, не отражена ответственность и применяемые санкции за неисполнение всех этих требований на исполнителей услуг, обеспечивающих транспортный процесс.

Одним из базовых приоритетов внутренней и внешней политики Кыргызстана в современных условиях является ускоренная интеграция ее транспортного комплекса в мировое логистическое пространство, создание благоприятных условий для свободного перемещения товаров, услуг, капитала и рабочей силы. Одним из ключевых звеньев развития кыргызской экономики становится совершенствование транспортной системы страны и реализация ее мощного транзитного потенциала для обеспечения евроазиатских связей.

Из этого следует, что развитие международных транспортных коридоров отвечает как внешним, так и внутренним экономическим интересам Кыргызской Республики.

Задачи развития автотранспортной отрасли может быть реализовано в рамках следующих направлений:

1. Формирование единой государственной транспортной политики с целью более качественного обеспечения населения автомобильными грузовыми перевозками;
2. Совершенствование и реформирование системы государственного регулирования автотранспортной отрасли;
3. Развитие международного сотрудничества автотранспортной отрасли, развитие двустороннего и многостороннего сотрудничества Кыргызской Республики, направленное на дальнейшую интеграцию национальной транспортной системы в мировую транспортную систему;
4. Развитие и совершенствование транспортной инфраструктуры. Совершенствование рынка автотранспортных услуг;
5. Обновление и пополнение парка грузовых автотранспортных средств;
6. Развитие эффективных транспортно - логистических технологий и перевозочных систем на базе многопрофильных терминальных и логистических комплексов;
7. Создание современной системы информационного обеспечения автотранспортной

отрасли и внедрение системы телекоммуникационных и навигационных систем;
8. Подготовка кадров.

Заключение. Для решения поставленных задач необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на развитие и создание конкурентоспособной автотранспортной отрасли.

Необходима целенаправленная деятельность государства по координации действий республиканских и региональных органов власти в целях создания благоприятных условий для привлечения на транспортные коммуникации Кыргызстана транзитных грузопотоков.

Литература

1. Закиров А.З. Региональная экономика Кыргызстана Бишкек 2012. – 167-188 с.
2. Перспективы развития инфраструктуры автомобильных и железных дорог, включенных в транспортные маршруты ЕврАзЭС. – Алматы, 2011.
3. Стратегия развития автомобильного транспорта Кыргызской Республики на период 2011-2015 гг./ Министерство транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики Бишкек, 2011г
4. Обзор рынка транспортных перевозок. / Министерсва Финансов Кыргызской Республики 2008 г.
5. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. -2-е изд., стереотип. - М.: 2007

УДК: 005.63:164.01:629.014

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОГИСТИКИ НА ТРАНСПОРТЕ

LOGISTICS УНААДАГЫ ЛОГИСТИКА КӨРСӨТКҮЧҮНҮН САНДЫК ЖАНА САПАТТЫК БААСЫ

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF TRANSPORT

Омуров Ж.М.
КГТУ им. И.Раззакова

В статье рассмотрены наиболее значимые показатели качества выполнения услуг в системе автомобильных перевозок и методы количественной и качественной оценки показателей деятельности логистических систем.

Макаладагы автомобилдик жүк ташуу системасындагы кызмат көрсөтүүлөрдү аткаруу сапатынын эң маанилүү көрсөткүчтөрү жана логистикалык системанын ишмердүүлүк көрсөткүчтөрүнө сандык жана сапаттык жактан баа берүүнүн ыкмалары каралды.

The article describes the most significant indicators of the quality of services in the transport system and methods for the quantitative and qualitative evaluation of the performance of logistics systems.

Сегодня в нашей республике в значительной степени растет автомобильный грузооборот как за счет местных перевозчиков, так и со стороны перевозчиков других стран. Для обеспечения своей конкурентоспособности необходимо предоставлять услуги, востребованные потребителями с позиции качества.

К сожалению, при анализе транспортной системы страны, а именно по

количественной и качественной оценке, надо признать, что наши перевозчики, время, работая на рынке в условиях жесткой конкуренции, не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности населения в перевозках с наименьшими затратами для себя.

Да, существующие потребности в перевозках реализуются, но не с учетом снижения затрат, малого расхода топлива, минимального временим доставки.

Для повышения качества необходимо улучшение условий внешней среды для кыргызских автомобильных перевозчиков. Это к нему относятся изменение законодательной базы (налоговой, таможенной и.т.д.), нормативное регулирование международных автомобильных перевозок, включая вопросы разрешительной системы, взаимодействие различных видов транспорта, деятельность контролирующих органов, наличие благоприятного инвестиционного климата. Необходимо также повышение эффективности работы автомобильного транспорта, которая определяется уровнем организации и функционирования производственных процессов.

Проведенная автором экспертная оценка значимости показателей качества выполнения услуг в системе автомобильных перевозок среди грузополучателей показала, что наиболее значимыми показателями являются экономичность и своевременность перевозок, сохранность груза, структура подвижного состава и т.д.

Анализ данных проведенных автором оценок показывает, что основными недостатками являются низкая производительность грузового автотранспорта, низкий технический уровень транспортных средств, высокая степень их изношенности - значительная часть автомобилей находится на пределе выработки ресурса и требует обновления так, за три года (2009-2011 гг.) доля грузовых автомобилей со сроком эксплуатации более 10 лет возросла с 28 % до 41 %. Структуры парка автомобилей не соответствует номенклатуре грузов и требованиям обеспечения их сохранности. Все это приводит к увеличению издержек автомобильного транспорта. Высокие значения издержек в значительной степени связаны также с недостаточной развитостью логистических систем и слабым развитием высокомеханизированной терминальной сети, недостаточным применением эффективных технологий международных перевозок грузов, отсутствием системы загрузки порожних автомобилей в попутном или обратном направлении [1].

Была проведена оценка значимости элементов системы качества (табл. 1.).

Таблица 1.

Оценка значимости системы качества выполнения перевозок

№ п.п.	Показатели оценки качества	Числен. знач.
1.	Сохранность перевозимых грузов	6,8
2.	Экономичность перевозок	8,5
3.	Доставка груза точно в срок	6,2
4.	Скорость перевозки	4,5
5.	Гибкость обслуживания клиентуры	4,8
6.	Информационное обеспечение о местонахождении груза	7,0
7.	Техническое состояние транспортных средств	5,4
8.	Удовлетворенность структурой парка подвижного состава	7,7
9.	Уровень подготовки водителей	3,6
10.	Возможность качественного составления провозных и таможенных документов	6,4

Для количественной оценки качества предоставления транспортных услуг в последнее время применяются ключевые показатели деятельности логистических систем.

KPI (key performance indicators) - это ряд показателей, отражающих раз-

личные аспекты логистической деятельности, которые показывают взаимосвязь между выполнением логистического плана с основными функциями и задачами логистической системы и определяют возможности и направление внесения изменений и улучшений.

"Logistics key performance indicators" (KPI) включен в терминологический словарь European Logistics Association (ELA) – это ключевые показатели результативности логистической деятельности, под которыми понимается необходимый и достаточный ряд сравнительно легко применимых показателей результативности (производительности), позволяющих связать выполнение логистического плана с основными функциями и результатами управления товарным потоком (маркетингом/продажами, производством и логистикой) и таким образом определить потребность в корректирующих действиях [2].

За время развития логистики в промышленно развитых странах сформировалась система показателей, в общем плане оценивающих ее эффективность и результативность, к которым обычно относятся:

- общие логистические издержки (KPI-1);
- качество логистического сервиса (KPI-2);
- продолжительность логистических циклов (KPI-3);
- производительность (KPI-4);
- возврат на инвестиции в логистическую инфраструктуру (KPI-5).

Эти показатели принято относить к ключевым или комплексным показателям эффективности логистических систем. Считается, что эти показатели лежат в основе отчетных форм компаний и отражают логистические планы систем разных уровней.

Следует отметить, что помимо общих, выделяются частные показатели производительности (результативности) и эффективности, которые могут быть обозначены соответственно РК и PIE.

Показатели РК - это показатели, полученные при анализе объемов логистической работы, проделанной техническими средствами, персоналом или техническим оборудованием. К ним можно отнести такие показатели как число обработанных заказов за единицу времени, отношение логистических издержек на единицу производимой продукции и др.

К показателям PIE можно отнести затраты, связанные с объемом выполняемых работ логистической системы в целом, например объем перевозок, коэффициент использования грузоподъемности и др.

Систематизация материалов из различных источников показала, что количество ключевых показателей KPI частных показателей РК и PIE отличаются.

Таблица 2.

Оценка ключевых показателей KPI логистики, показателей эффективности PIE и результативности РК

№ п.п	Исследователи	Количество ключевых показателей KPI	Количество показателей РК и PIE
1.	В.И. Сергеев и др.	5	30
2.	В.В. Дыбская	5	31
3.	Д. Уотерс	-	28
4.	М.Р. Линдере, Х.Е.Фирон	-	21
5.	Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клосс	5	37

По данным таб. 2 видно, что показатели не связаны между собой:

- не существует четкого деления их по признакам принадлежности к KPI, РК или PIE;

- показатели не отражают количественные результаты, возможную связь факторов и их взаимовлияние;

- в случае противоречивых тенденций изменения факторов затруднительно принятие управленческих решений.

В большинстве случаев методы сравнения указанных выше показателей зачастую сводятся к сравнительным методам экономического анализа, включающим, в частности, сравнение с эталоном, сравнение с лучшей практикой (benchmarking - бенчмаркинг), сравнение плановых и фактических показателей.

Применение математических методов - важное направление совершенствования экономического анализа, как одного из основных средств описания бизнес - процессов в логистических цепях. Применение методов экономического анализа повышает эффективность и конкурентоспособность предприятий. Это достигается за счет уменьшения сроков проведения анализа, более полного охвата факторов, влияющих на результаты коммерческой деятельности, замены приближенных или упрощенных расчетов точными вычислениями, постановки и решения новых многомерных задач анализа, практически не выполнимых вручную или традиционными методами.

Помимо методов сравнения (индексный, бенчмаркинг и др.) для оценки ключевых KPI целесообразен метод цепных подстановок и интегральным методом анализа.

Сущность *метода цепных подстановок* заключается в определении затрат на выполнение заказа:

$$СЗ = \frac{П \cdot З_1}{Q}, \qquad (1)$$

где П - потребность в заказанном продукте; $З_1$ - затраты на выполнение одного заказа; Q - величина поставки.

Интегральный метод анализа позволяет определить влияние показателей на величину функции при любой форме связи факторов и количестве, а также получить точные и однозначные результаты расчетов не зависимо от очередности анализа показателей.

Для того, чтобы воспользоваться такими методами экономического анализа, необходимо определить вид аналитической зависимости, отражающий взаимосвязь между факторами и результирующим признаком. В качестве такой зависимости, применительно к цепям поставок, можно рассмотреть общие логистические затраты или общие логистические издержки.

Анализ эволюции определения общих логистических издержек показал, что в настоящее время эти затраты могут быть представлены в виде:

$$\mathbf{S_i} = \mathbf{S_п} + \mathbf{S_в} + \mathbf{S_т} + \mathbf{S_{хн}} + \mathbf{S_{хз}} + \\ + \mathbf{S_д} + \mathbf{S_с} + \mathbf{S_{нi}}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{S_п}$ - затраты, связанные с закупкой продукции;

$\mathbf{S_в}$ - связанные с оформлением и выполнением заказов;

$\mathbf{S_т}$ - связанные с транспортировкой;

$\mathbf{S_{хн}}$ - на хранение текущего запаса;

$\mathbf{S_{хз}}$ на хранение страхового запаса;

$\mathbf{S_д}$ –учитывающие потери от дефицита продукции;

$\mathbf{S_с}$ - скрытые затраты;

$\mathbf{S_{нi}}$ - затраты, связанные с i-м видом нарушений в технологическом процессе доставки грузов (опоздания при доставке, невыполнение условий, возврат грузов и др.).

Таким образом, модель общих логистических затрат может быть применена в качестве аналитической зависимости при использовании методов экономического анализа. Использование данного подхода позволяет количественно оценить влияние основных факторов, используемых при описании процессов в логистических системах. Другие, например, сравнительные методы анализа, могут быть использованы для разработки эффективных решений, направленных на снижение затрат в транспортно-технологических системах.

Литература

1. Миротин Л.Б., Гудков В., Вельможин А. Грузовые автомобильные перевозки. М., 2007, Горячая Линия - Телеком, 560 стр.

2. Маркович М.А. Формирование методов оценки эффективности цепей поставки на основе ключевых показателей логистики. // Вестник ИНЖЭКОНа. Сер.: Экономика. 2011. - Вып. 2 (45). С. 299-303. - 0,4 п.л.

УДК 656.13.05

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Абакиров С.А.
КГТУ им. И.Раззакова

В статье рассматриваются вопросы формирования безопасных стереотипов поведения водителей на дороге. Подробно рассмотрены социальные аспекты нарушений правил дорожного движения и мероприятия по профилактике нарушений водителей.

In article questions of formation of safe stereotypes of behavior of drivers on road are considered. Social aspects of infringements of rules of traffic and actions for preventive maintenance of infringements of drivers are in detail considered.

Формирование безопасных стереотипов поведения водителя в различных дорожно-транспортных ситуациях – одно из наиболее перспективных направлений снижения дорожно-транспортных происшествий. Независимо от совершенства автомобиля и дороги безопасность подвижного состава будет зависеть в конечном счете от того, как будет вести себя конкретный водитель в конкретной дорожно-транспортной ситуации.

Известно, что контроль за поведением водителя на дороге осуществляется работниками ГАИ, дорожного надзора. На это затрачиваются немалые средства, однако до сих пор эффективность этого подхода мала.

Одной из программ, реализуемых ГАИ республики в рамках линейного контроля, является профилактика нарушений правил дорожного движения водителями. Программа ГАИ республики состоит из трех компонентов.

- наблюдения за ошибками поведения водителя на дорогах;
- изменения ошибочного поведения водителя;
- оценка эффективности проводимых в рамках линейного контроля мероприятий.

При анализе причин нарушений правил дорожного движения и разработке мероприятий по их устранению мало внимания уделяется социально-психологическим факторам, в особенности отношениям водителей к системе дорожного надзора, к правилам дорожного движения, так как именно нарушения водителей являются причиной наиболее серьезных дорожно-транспортных происшествий.

В настоящее время единственный пункт ПДД, для которого относительно точно можно определить количество дорожно-транспортных происшествий, является – пункт, запрещающий управлять. В отношении других пунктов правил дорожного движения подсчитать корреляционные зависимости между нарушением и ДТП вследствие этих нарушений практически невозможно.

Рекомендации и мероприятия основанные на данных официальной статистики ДТП и ПДД имеют ряд существенных недостатков.

-использование в практике ГАИ лишь ограниченного набора контролируемых нарушений правил дорожного движения;
- отсутствие четкой классификации ДТП и нарушений ПДД имеющих общие категории.

Построение классификации дорожно-транспортных происшествий и нарушений правил дорожного движения должно стать ситуационными принципами;

- очень мал процент выявленных нарушений ПДД от фактически совершаемых;
- практика выявления нарушений ПДД в местах наиболее частого совершения их;

Все эти недостатки должны быть учтены ГАИ при создании новой системы линейного контроля. Основываясь на ситуационной классификации нарушений ПДД и ДТП в ГАИ сможет точно определить корреляционные связи на различных уровнях: на уровне АТП, ОсОО, транспортного управления, Министерства транспорта и коммуникаций, а также на уровне водителей и участников маршрутов.

Эти данные позволяют значительно повысить уровень обоснованности мероприятий по профилактике нарушений ПДД.

Пренебрежительное отношение к нормам и правилам дорожного движения проявляется общественностью различным образом:

- нарушитель правил дорожного движения рассматривается другими как жертва переусердствования инспектора ГАИ;
- водитель оценивает наказание как неприятность, которую можно было бы избежать;
- многие водители не считают, что соблюдение ПДД убережет их от ДТП;
- нарушения правил дорожного движения – явления массового характера, и его нарушитель не рассматривается другими как перешедший в другую социальную группу.

Можно выделить три причины социального характера, объясняющие такой статус правил дорожного движения.

1. Причины, связанные со структурой правил дорожного надзора, неопределенность и неполнота некоторых пунктов ПДД; неадекватность системы наказаний за нарушения ПДД; превышение служебных полномочий к некорректность работников ГАИ.
2. Условия общения на дороге; анонимность водителей на дороге, которая способствует более агрессивному поведению людей, чем при обычном общении.
3. Влияние социально-психологического климата.

Каждый из нас является членом той или иной социальной группы или коллектива.

Любая группа, существующая продолжительное время, создает свою систему норм, которая разделяется большинством членов этой группы. Можно выделить такие массовые группы как «водитель-профессионал», «водитель-любитель», каждая из которых имеет свои неформальные нормы и свою «культуру».

Личность не только включает в себя некоторую совокупность норм и ценностей группы, но и имеет ряд отличительных особенностей в виде социальных, психологических, физиологических и других характеристик.

Аварийность связана с таким личностными чертами, водителей как общая активность, уровень самоконтроля, властолюбие, общительность, эмоциональная стабильность, образованность, социальная обеспеченность и т.д. Если учесть, что только выявленных по республике нарушений правил движения за год составляет около 200 тыс., то проблема эффективности соответствующих мероприятий становится первоочередной. Известно, что эффективность мероприятий наказывающего характера, таких как штрафы, лишение прав за управление автомобилем, практически нулевая с точки зрения исправления поведения водителя.

Необходимы другие меры воспитательного характера, эффективность которых была бы намного больше. Однако мероприятия воспитательного характера, применяемые в ГАИ, ведутся неупорядоченно и не имеет под собой научной основы. Главная цель мероприятий воспитательного характера – это сделать поведение большинства водителей на дороге максимально безопасным в каждой дорожно-транспортной ситуации. Но для этого необходимо знать, из каких компонентов состоит модель безопасного поведения водителей.

Построение полной модели безопасного поведения водителей – задача весьма трудная. Однако без такой модели

все попытки изменить поведение водителя затруднены.

Одной из составных частей такой модели являются нарушения ПДД построенные на основе ситуационного представления дорожного движения, с точно определенной связью пунктов правил дорожного движения с ДТП.

Процесс формирования стереотипов поведения водителей в различных дорожно-транспортных ситуациях можно представить в следующем виде на (рис. 1.).

Поведение Водителя в дорожно-транспортных ситуациях может быть нарушающим либо безопасным. После ДТП большинство ошибок поведения водителя закрепляется, если не была наказания если же в результате нарушающего поведения водителя ему будет назначено наказание, то ошибка не закрепится. Но если наказание слишком строгое или мягкое, оно не будет иметь воздействия на дальнейшее поведение водителя. Резкость будет вызывать чувство несправедливости, снисходительность-неуважение ко всей системе дорожного надзора. Только в случае, когда водитель оценивает наказание как справедливое, обратная связь с его последующим поведением будет налажена.

В статье рассматриваются вопросы формирования безопасных стереотипов поведения водителей на дороге. Подробно рассмотрены социальные аспекты нарушений правил дорожного движения и мероприятий по профилактике наущающего поведения водителей.

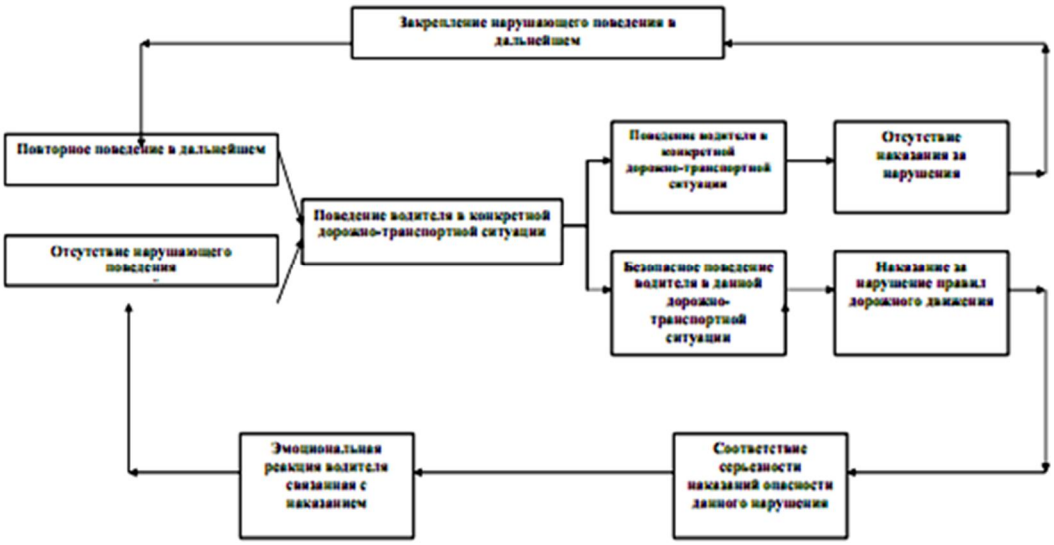


Рис. 1. Процесс формирования стереотипов поведения водителей в дорожно-транспортных ситуациях

УДК.: 621.951.45.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА НАЛИЧИЕ И ВЫСОТУ НАРОСТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ БЫСТРОРЕЖУЩИМИ СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ

Рагрин Н.А., Айнабекова А.А., Нарыжный С.В.
КГТУ им. И.Раззакова

Посредством экспериментальных исследований определены отличия характеристик нароста при обработке резцами и сверлами.

The means of pilot studies defined differences of characteristics of an outgrowth when processing by cutters and drills.

Сверление - единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%), поэтому исследования, направленные на повышение стойкости спиральных сверл являются достаточно актуальными.

В настоящее время сверление является предварительным, черновым, переходом операции обработки отверстий, за которым, при необходимости, следуют зенкерование и развертывание, или растачивание. Такое использование спиральных сверл обусловлено их эксплуатацией в диапазоне скоростей резания активного наростообразования, а нарост, как известно, отрицательно влияет на качество обработки. В то же время нарост оказывает существенное влияние на процесс резания. Он увеличивает передний угол резца, что облегчает процесс резания и защищает режущую кромку от истирающего действия со стороны стружки и со стороны поверхности резания, а также защищает ее от воздействия температуры резания, что благоприятно сказывается на стойкости инструмента [1]. Поэтому представляется целесообразным для повышения стойкости сверл в тех случаях, когда сверление не лимитирует производительность обработки, использовать скорости резания, при которых нарост имеет максимальную величину.

В работе [1] показано, что при точении максимальную высоту нарост имеет при скоростях резания 15–30 м/мин. В частности отмечено, что при наиболее распространенных условиях резания углеродистых конструкционных сталей нарост имеет максимальную высоту при такой скорости резания, когда температура в зоне резания близка к 300°С и исчезает при такой скорости резания, когда температура в зоне резания превышает 600°С. Однако процесс сверления, геометрия и конструкция спиральных сверл имеют свои особенности, присущие только этому виду инструмента [2], поэтому следует ожидать, что характеристики наростообразования при сверлении будут существенно отличаться от обработки резцами.

Для проверки этого предположения были поставлены и проведены экспериментальные исследования сотрудниками кафедры «Технология машиностроения» КГТУ им. И. Раззакова.

Экспериментальный стенд представлен на рис.1. Для соблюдения идентичности условий обработки токарными резцами и спиральными сверлами, сверла устанавливались в резцедержателе токарного станка модели 16К20, величина нароста измерялась непосредственно на станке с помощью специального приспособления (рис. 2). Использовались токарные отогнуто-проходные резцы с пластинками твердого сплава марки Т15К6 и спиральные сверла диаметром 11 мм из стали Р6М5К5. Производилось продольное точение резцом и уголком сверла с глубиной резания 1мм. Обрабатываемый материал - сталь 45 в состоянии поставки. Обработка велась без охлаждения смазочно-охлаждающей жидкостью.

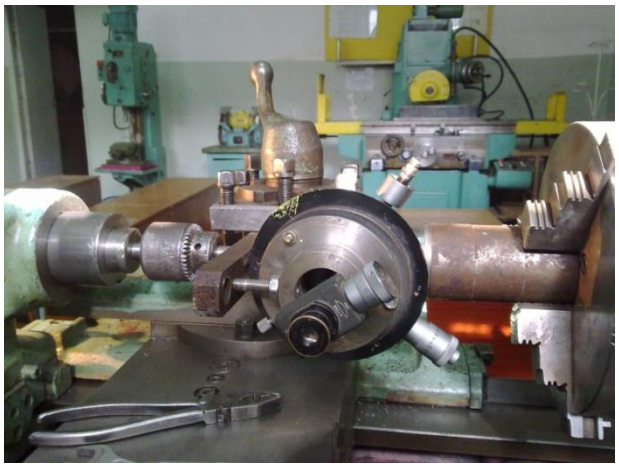


Рис. 1. Экспериментальный стенд



Рис. 2. Оптическое приспособление для измерения высоты нароста

На рис.3 представлены графики зависимостей высоты нароста от скорости резания, полученные в результате исследований.

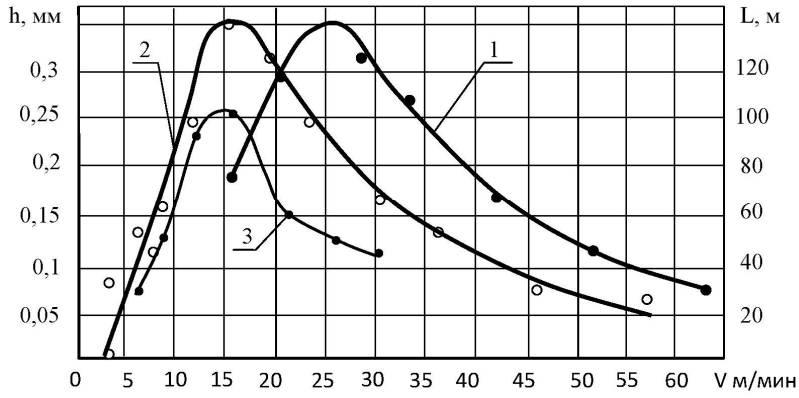


Рис.3. Графики зависимости высоты нароста от скорости резания, где 1 –зависимость нароста при точении токарным резцом, 2 – зависимость нароста при точении уголком сверла, 3 – зависимость наработки до отказа

Как видно из представленного рисунка, диапазон скоростей резания максимального наростообразования соответствует общепринятому положению, однако при точении уголком сверла скорость резания максимального наростооб-

разования ниже, чем при точении резцом, и равна 15 м/мин.

В работе [3] на основании лабораторных исследований, проводимых сотрудниками кафедры МТ2 МГТУ им. Н.Э. Баумана, в результате которых получена зависимость наработки до функционального отказа быстрорежущих спиральных сверл от скорости резания. Эта зависимость помещена на рис.3, кривая 3. Как видно из представленного рисунка, значение скорости резания экстремума обеих зависимостей совпадает.

Выводы. Скорость резания, соответствующая максимальной высоте нароста при обработке спиральными сверлами ниже скорости резания при точении резцами и равна 15 м/мин. Эта скорость резания совпадает со скоростью резания экстремума графика стойкостной зависимости.

Литература

1. Рагрин Н.А. Обработка материалов и инструменты: Учебник. / КГТУ им. И. Раззакова. – Б.: ИЦ «Текник», 2012. – 156 с.
2. Рагрин Н.А. Особенности процесса резания и износа при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами // Машиностроитель. – 2012. - №10 С. 48-51.
3. Древаль А.Е., Рагрин Н.А. Самсонов В.А.Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание// МГТУ им. Баумана. – Москва. №10.2011

УДК.: 621.951.45.

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА ЛЕНТОЧЕК И УГОЛКОВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Самсонов В.А, доц., Рагрин Н.А., Стародубов И.И.
n_ragrin@mail.ru

Рассмотрены отличительные особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл при обработке углеродистых конструкционных сталей, присущие только этому виду инструмента

Distinctive features of wear of ribbons and corners of fast-cutting spiral drills are considered when processing carbonaceous constructional staly, inherent only to this type of the tool

На машиностроительных заводах спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента, при этом в общем объеме централизованного производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%).

Еще авторами работы [1] особое внимание обращалось на износ ленточек, как наиболее опасный вид износа для стойкости сверл. Отмечено, что такой износ приводит к образованию на части поверхности сверла прямого конуса вместо обратного, что нашло подтверждение в работах авторов [2,3].

Наряду с тем спиральное сверло имеет конструктивный элемент – уголок, особенности конструкции и условия работы которого, присущие только этому виду инструмента, отрицательно влияют на его износ и износ ленточек (рис.1).

Уголок по аналогии с токарным резцом выполняет функцию вершины режущего лезвия. Но условия работы уголка спирального сверла значительно отличаются от условий работы вершины токарного резца. Вершина токарного резца является точкой пересечения трех линий: главной и вспомогательной режущих кромок и линии пересечения главной и вспомогательной задних поверхно-

стей. У спирального сверла третьей является линия пересечения задней поверхности с поверхностью ленточки. И здесь конструкцией спирального сверла заложено существенное отличие.

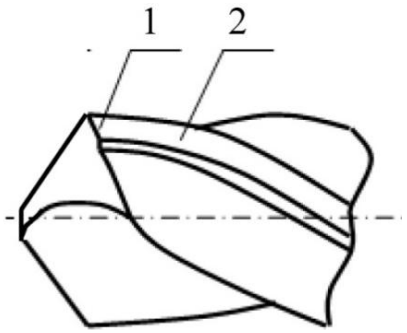


Рис.1. Рабочая часть спирального сверла, где 1 – уголок, 2 - ленточка

У токарного резца третья линия является прямой линией, и с поверхностью резания осуществляется точечный контакт непосредственно вершиной резца. У спирального сверла линия пересечения задней поверхности с поверхностью ленточки является дугообразной линией, которая имеет нулевой угол с плоскостью резания и в процессе обработки находится в сплошном контакте с поверхностью резания. Это отличие существенно ухудшает условия работы уголка, интенсифицирует его износ и износ ленточек сверл.

Вспомогательные задние углы на ленточках сверл равны нулю, в результате чего их вспомогательные задние поверхности находятся в сплошном контакте с поверхностью резания. Это в сочетании с большими передними углами на периферии режущих лезвий и максимальной скоростью резания приводит к увеличению температуры резания на уголках сверл и, как следствие, повышению интенсивности износа ленточек и уголков.

Для определения характера износа уголков и ленточек быстрорежущих спиральных сверл в широком диапазоне скоростей резания проведены лабораторные исследования со сверлами диаметром d = 10,2 мм по ГОСТ 10903-77, изготовленными из стали Р6М5. Сверлились сквозные отверстия глубиной 3d в стали 45 (НВ190) при скоростях резания V = 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30 м/мин. и подаче S_O = 0,23 мм/об. Сверла эксплуатировались до полной потери работоспособности (функционального отказа) в виде поломки в результате износа. Через каждые 50–100 отверстий контролировался износ ленточек $К_Л$ и уголков Δd сверл. Износ ленточек приводил к образованию прямой конусности на значительных участках рабочей части сверла и оценивался величиной, измеряемой вдоль оси сверла, от уголков до точки перегиба – перехода прямой конусности в обратную. Износ уголков оценивался уменьшением рабочего диаметра сверла. Исследования показали, что визуально определить величину изношенного участка ленточек не представляется возможным.

Кривые износа ленточек (рис.2) и уголков (рис.3) всех испытанных сверл близки к линейным, участки приработки, нормального и катастрофического износа на них не выражены. Как видно из представленных рисунков скорость резания влияет только на интенсивность износа ленточек и уголков сверл, что определяется углом наклона кривой износа к оси абсцисс. Вид кривых износа ленточек и уголков сверл и характер их износа позволяют предположить тесную взаимосвязь между ними, что нашло подтверждение в работе [4], на основании чего износ уголков сверл можно считать одним из проявлений износа ленточек.

Отсутствие участков приработки и катастрофического износа на кривых износа ленточек и уголков сверл являются их отличительной особенностью от износа задних поверхностей.

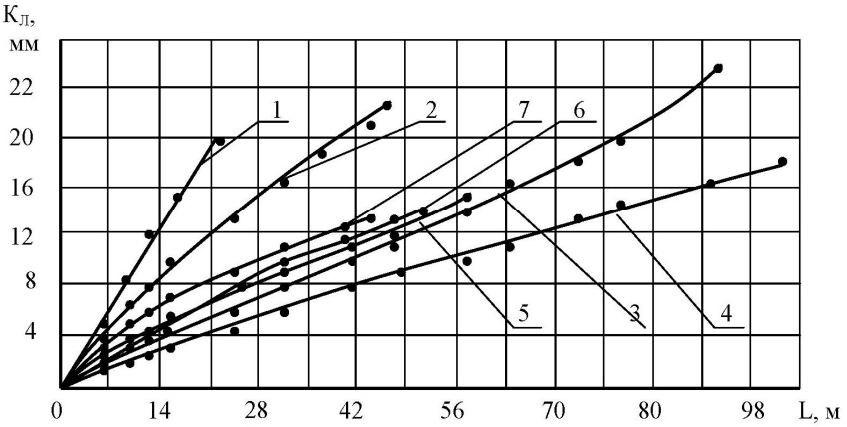


Рис.2. Кривые износа ленточек сверл где 1;2;3;4;5;6;7 скорости резания V = 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30 м/мин. Соответственно.

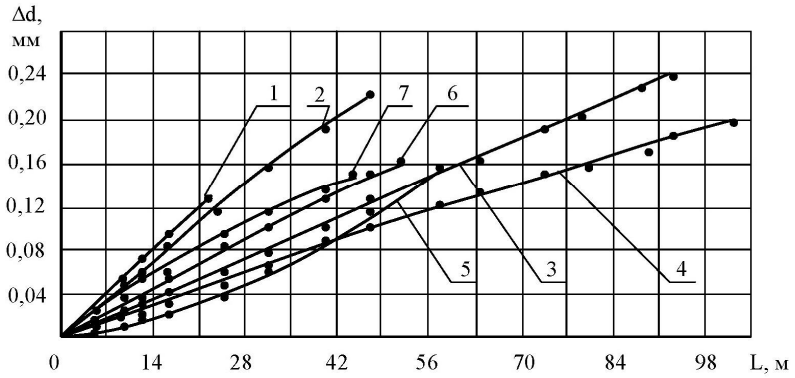


Рис.3. Кривые износа уголков сверл, где 1;2;3;4;5;6;7 скорости резания V = 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30 м/мин соответственно

Участок приработки на кривой износа задних поверхностей является результатом наличия погрешностей заточки и больших контактных напряжений на первоначально малой ширине площадки износа. Ленточки не имеют погрешностей заточки, а в результате нулевых задних углов площадка контакта с поверхностью резания и с обработанной поверхностью у них постоянная по ширине, поэтому участок приработки на кривых их износа отсутствует. Катастрофический износ задних поверхностей наступает при превышении допустимой ширины площадки контакта изношенных участков с поверхностью резания, в результате чего резко увеличиваются силы и температура резания. У ленточек ширина площадки контакта постоянная и равна ширине самой ленточки, поэтому участки катастрофического износа на кривых износа ленточек и уголков сверл также отсутствуют.

Вид износа ленточек и уголков сверл представлен на рис.4. Износ уголка приводит к образованию уступа по линии соединения задней поверхности с поверхностью ленточки (рис.4, 2), что приводит к уменьшению рабочего диаметра сверла и способствует износу ленточек сверл. На ленточках в результате износа образуется два участка с прямой конусностью. Первый с большим углом прямой конусности на участке вспомогательной задней поверхности (рис.4, 3) второй, с меньшим углом прямой конусности, но значительно большей величины на участке ленточки, выполняющем направляющую функцию (рис.4, 4). Работоспособность сверл зависит от величины второго участка износа ленточек. Как видно из представленных рисунков (рис.4, а, б) вид износа ленточек и уголков сверл существенно не меняется с изменением скорости резания.

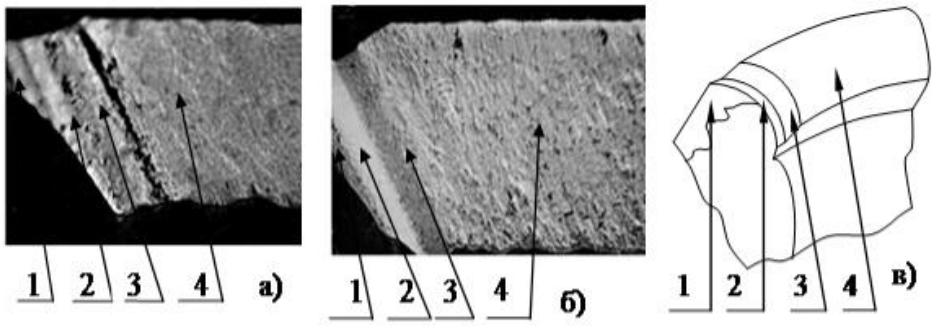


Рис.4. Вид износа ленточек и уголков при отказе сверл, где а) - V = 9 м/мин, б) - V = 12 м/мин, в) – вид верхней части зуба сверла, 1 – износ задней поверхности, 2 - износ уголка, 3 – износ вспомогательной задней поверхности, 4 – износ ленточки

Уголки и участки ленточек, выполняющие функцию вспомогательных задних поверхностей, из-за отсутствия задних углов находятся в сплошном контакте с поверхностью резания в процессе обработки. Поэтому они не подвержены воздействию частиц нароста, имеют ровную поверхность износа, отсутствуют борозды. Аналогичный вид имеют изношенные участки ленточек, выполняющие направляющую функцию (рис.4.4). В данном случае имеет место абразивный износ уголков и ленточек сверл. Т.е. фактически происходит истирание направляющей части ленточек о стенки обработанного отверстия без влияния температуры резания на их износ. Поэтому вид изношенных поверхностей направляющей части ленточек сверл и характер их износа не зависит от скорости резания.

Выводы

Конструктивные особенности, условия работы и износа уголка спирального сверла существенно отличаются от конструкции и условий работы и износа вершины токарного резца.

На кривых износа ленточек и уголков сверл отсутствуют участки приработки, нормального и катастрофического износа.

Износ уголков приводит к образованию уступа по линии соединения задней поверхности с поверхностью ленточки, в результате чего уменьшается рабочий диаметр сверла. Износ уголков можно считать одним из проявлений износа ленточек. Износ уголков способствует образованию прямой конусности на ленточках сверла.

На ленточках в результате износа образуется два участка с прямой конусностью. Первый с большим углом прямой конусности на участке вспомогательной задней поверхности, второй, с меньшим углом прямой конусности, но значительно большей величины на участке ленточки выполняющем направляющую функцию. Работоспособность сверл зависит от величины второго участка износа ленточек.

Износ ленточек и уголков сверл происходит в результате абразивного воздействия обрабатываемого материала на уголок и первый участок с прямой конусностью и обработанного отверстия на второй участок прямой конусности направляющей части ленточек. Вид изношенных поверхностей направляющей части ленточек сверл и характер их износа не зависят от скорости резания.

Литература

1. Грановский Г.И. и др. Резание металлов. – М.: Машгиз, 1954.-472 с.
2. Древаль А.Е. Рагрин Н.А. Самсонов В.А.Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание// МГТУ им. Баумана. – Москва. №10.2011.
3. Рагрин Н.А. Пути повышения наработки до функционального отказа быстро-

режущих спиральных сверл на основе анализа кривых износа их режущих элементов// Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 26/2012. – С.14-17.

4. Рагрин Н.А. Критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 21/2010. – С.43-45.

УДК 536.7:662.74

ПРИМЕРЫ НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Энгельшт В.С., Мураталиева В.Ж.
Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР
КГТУ им. И.Раззакова

Проведен термодинамический анализ (программная система TERRA) сжигания кремнезема и углекислого газа с известью, при нормальном давлении. Вычислены компоненты продуктов экзотермических реакций. Определены адиабатическая температура, теплота химической реакции, теплосодержание, баланс энергии.

Thermodynamic analysis (software system TERRA) burning of silica and carbon dioxide with lime at normal pressure. Compute the components of products of exothermic reactions. Defined adiabatic temperature, the heat of the chemical reaction, the heat, the energy balance.

Введение. Известны многочисленные экзо- и эндотермические реакции. Например, при сжигании водно-графитовой суспензии идет газофазное горение [1]. В другом примере рассмотрены горение кремния в кислороде [2] и горение кремния в азоте [3]. Здесь рассматривается горение кремнезема и углекислого газа в извести в качестве примеров горения нестандартного топлива.

Цель работы заключается в проведении термодинамического анализа экзотермических реакций сжигания кремнезема и углекислого газа с известью.

Метод исследования. Расчет адиабатической температуры и продуктов сгорания проводился по универсальной программе TERRA [4]. Рассмотрим методику расчета химической реакции $SiO_2(c)_{исх}+\alpha CaO(c)_{исх}$ при $\alpha=0.5$, (с) – конденсированное состояние. В состав вводится минимальное количество азота $N_2=10^{-5}$%, что необходимо для программы TERRA в присутствии газовой компоненты. Давление p=0.095МПа. Исходный состав SiO_2 = 1моль, CaO = 0.5моля, нормируется в программе TERRA на массу 1кг и имеет компоненты $SiO_2(c)_{исх}$=11.348моль/кг, $CaO(c)_{исх}$=5.674моль/кг.

Вычисляем энтальпию образования исходного сырья

$$I_{\text{исх}} = M_{SiO_2(c)\text{исх}} \cdot \Delta_f h^0_{SiO_2(c)} + M_{CaO(c)\text{исх}} \cdot \Delta_f h^0_{CaO(c)} ,$$

где $\Delta_f h^0$ – энтальпия образования вещества при стандартных условиях,

$$I_{\text{исх}} = 11.348 \cdot[-910.701] + 5.6738 \cdot[-635.091] = -13938.2 \text{ кДж/кг}$$

Вводим в программу TERRA энтальпию образования, исходные компоненты, давление. Получаем адиабатическую температуру $T_{\text{ад}}$=820К и продукты реакции $SiO_2(c)$ =5.6738 моль/кг, $CaSiO_3(c)$=5.6738 моль/кг.

Продукты реакции и результаты анализа в таблице 1.

Таблица 1

Продукты реакции и результаты анализа.

α = 0.5, $I_{исх}$ = – 13938.2 кДж/кг, T = 820 K, p = 0.095 МПа

Вещество	M моль/кг	Δh_{820} кДж/моль	$\Delta H = M \cdot \Delta h_{820}$ кДж/кг	$\Delta_f h^0$ кДж/моль	$\Delta_f H^0 = M \cdot \Delta_f h^0$ кДж/кг	$Q_{хр}$ кДж/кг
SiO_2(c)	5.6738	32.307	183.3	-910.701	-5167.14	
$CaSiO_3$(c)	5.6738	56.737	321.9	-1634.940	-9276.32	
Σ			505.2	-1074.641	-14443.46	-505.3

Здесь M – мольные доли компонентов, Δh_{820} – теплосодержание вещества при температуре Т=820К, $Q_{хр}$ – теплота химической реакции, $\Delta_f H^0$ и ΔH– соответствующие величины с учетом мольной доли вещества.

Найдем теплоту химической реакции $Q_{хр}$ [5]:

$$Q_{хр} = 5.6738\,\Delta_f h^0{}_{SiO_2\ c} + 5.6738\,\Delta_f h^0{}_{CaSiO_3\ (c)} - 11.348\Delta_f h^0{}_{SiO_2\ c\ исх} - 5.6738\,\Delta_f h^0{}_{CaO\ c\ исх} = -505.3\ кДж/кг$$

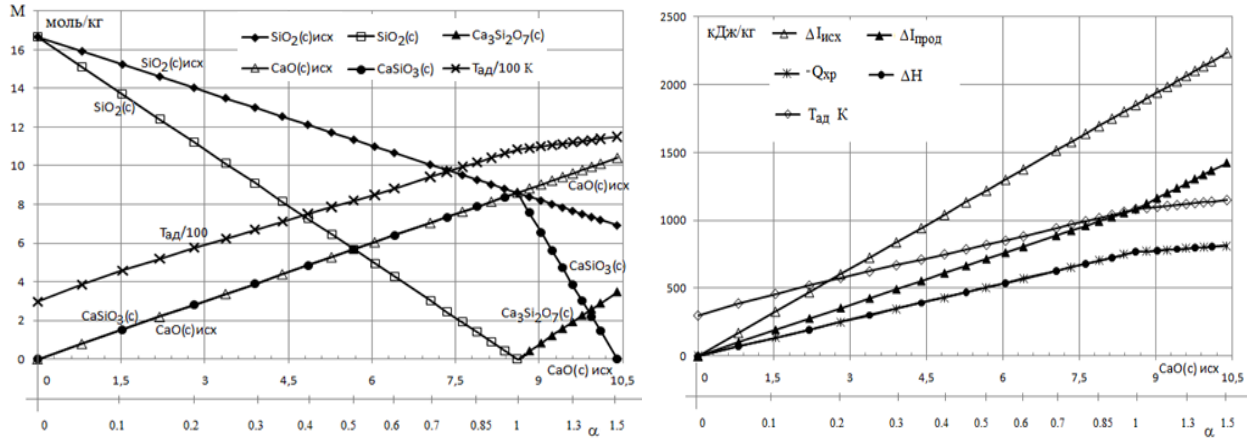
Теплосодержание системы вычисляется по вспомогательной программе TERRA (см таб. 1) $\Delta H = {}_i M_i \Delta h_{i(820)} = 505.2$ кДж/кг.

Аналогичные расчеты проводим для химических реакций $CO_2+\alpha CaO$(c).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РЕАКЦИИ $SiO_2+\alpha CaO$

На рис.1а показаны исходные компоненты $CaO(c)_{исх}$, $SiO_2(c)_{исх}$, продукты реакции SiO_2(c), CaO(c), $CaSiO_3$(c), $Ca_3Si_2O_7$(c), адиабатическая температура $T_{ад}$. На оси абсцисс приведена равномерная шкала CaO(c)исх, и неравномерная шкала избытка окислителя α = 0÷1.5, по оси ординат указано содержание компонентов моль/кг.

Последовательно образуются стехиометрическое стекло (α=0.5,$T_{ад}$=820К), волластонит (α=1, $T_{ад}$=1084К), ранкинит (α=1.5, $T_{ад}$=1150К).



а) б)

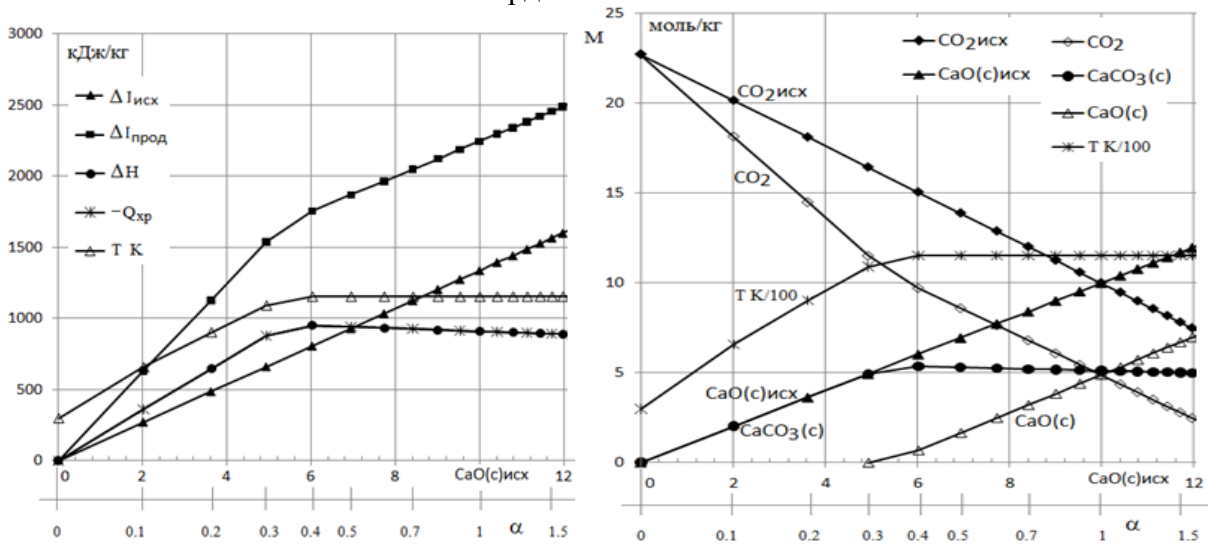
Рис.1. Компоненты и энергии химической реакции $SiO_2+\alpha CaO$. $T_{ад}$–адиабатическая температура

По мере увеличения α синхронно возрастают теплота химической реакции $Q_{хр}$, теплосодержание ΔH, адиабатическая температура $T_{ад}$, и достигают максимального значения при α = 1.5. Теплосодержание системы равно теплоте химической реакции $\Delta H = Q_{хр}$ (рис.1б).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РЕАКЦИИ $CO_2+\alpha CaO$

На рис.2а показаны исходные компоненты $CaO(c)_{исх}$, $CO_{2исх}$ и продукты реакции CaO(c), $CaCO_3(c)$, CO_2. На оси абсцисс приведена равномерная шкала $CaO(c)_{исх}$, и неравномерная шкала избытка окислителя α=0÷ 1.5. по оси ординат указано содержание компонентов моль/кг.

При взаимодействии CaO(c) с CO_2 синтезируется $CaCO_3(c)$, проявляется экзотермический эффект, выделяется тепловая энергия, увеличивается температура от T=298.15K до T=1152K.



а) б)

Рис.2. Компоненты и энергии химической реакции $CO_2+\alpha CaO$. $T_{ад}$–адиабатическая температура

Адиабатическая температура возрастает с увеличением α, достигает максимального значения T=1152K при α=0.3 и сохраняется постоянной до α=1.5. Теплота химической реакции и теплосодержание ведут себя синхронно с адиабатической температурой. Теплосодержание системы равно теплоте химической реакции $\Delta H = Q_{хр}$ (рис.2б).

Теплотворная способность стехиометрической смеси $CaO(c)+CO_2=CaCO_3(c)$ составляет около 10% от теплотворной способности при сжигании графита или кремния в кислороде.

Теплотворная способность стехиометрической смеси $3CaO(c)+2SiO_2=Ca_3Si_2O_7(c)$ и составляет около 4% от теплотворной способности при сжигании графита или кремния в кислороде.

$C(c) + O_2 = CO_2$ q = -32765 кДж/(кг C(c))

$Si + O_2 = SiO_2(c)$ q = -32425 кДж/(кг Si(c))

$CaO(c) + CO_2 = CaCO_3(c)$ q = -3174 кДж/(кг CaO(c))

$3CaO(c)+2SiO_2=Ca_3Si_2O_7(c)$ q = -1392 кДж/(кг CaO(c))

Сжигание кремнезема и углекислого газа с известью представляет интерес с точки зрения развития энергетики и экологии.

ВЫВОДЫ

1. При сжигании кремнезема и углекислого газа с известью проявляется экзотермический эффект с выделением тепла и повышением температуры.
2. Адиабатическая температура синтеза стехиометрического стекла составляет $T_{ад}$=820K (α=0.5), волластонита

$T_{ад}$=1084К (α=1), ранкинита $T_{ад}$=1150К (α=1.5).

3. Адиабатическая температура синтеза кальцита составляет $T_{ад}$=1152К.
4. Теплотворная способность стехиометрических смесей $CaO(c)+CO_2$ и $3CaO(c)+2SiO_2$ составляет около 10% и 4% от теплотворной способности при сжигании графита в кислороде соответственно.

Литература

1. Энгельшт В.С., Балан Р.К. Химическая термодинамика парокислородной газификации графита// Теплофизика высоких температур. Москва, 2011. Т. 49. №5. С. 1-8.
2. Энгельшт В.С., Балан Р.К. Экзотермический эффект при взаимодействии азота с кремнием. Международный семинар «Проблемы моделирования и развития технологии получения керамики». КРСУ, Бишкек, 2005. С.53-61.
3. Энгельшт В.С., Балан Р.К., Антонова Н.М. Термодинамический анализ сжигания кремния//Вестник КНУ им. Ж.Баласагына. Серия 3. Вып.3. Бишкек, 2005.С.43-48.
4. Трусов Б.Г. Программная система TERRA для моделирования фазовых и химических равновесий в плазмохимических системах. 3-й международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии. Сб. материалов – Т.I. – Иваново, 2002. С. 217-220.
5. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочное издание: Т.1,Кн1.-/Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др -М.: Наука,1978-1982.

УДК 677.022.54

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРАБОТКИ СНЕГА БУЛЬДОЗЕРОМ С ВЫДВИГАЕМЫМ ОТВАЛОМ

Башиков И.Т.,
КГТУ им. И.Раззакова

В работе приводятся данные о стенде для экспериментального исследования процесса взаимодействия выдвигаемого отвала бульдозера со снежной массой. Изложена методика проведения экспериментальных исследований снега для различных положений отвала бульдозера. Определена погрешность измерений, проводимых в процессе исследований как сумма погрешности измерительных средств и погрешности обработки результатов.

Для экспериментального изучения процессов взаимодействия рабочего оборудования с выдвигаемым отвалом со средой (грунтом, снегом) создан специальный стенд [1]. с участием автора Стенд представляет собой набор физических моделей рабочих органов, смонтированных на тензометрической тележке посредством дополнительной рамы с возможностью изменения угла установки отвала в плане, выноса отвала в сторону и выдвижением отвала вперед, а поступательное движение осуществляется перемещением тензометрической тележки с помощью канатных приводов.

Стенд для изучения процессов копания рабочей среды (рис. 1) имеет грунтовой канал, на котором установлена тензометрическая тележка, передвигающаяся по рельсовому пути. В качестве малосвязанного грунта канал заполнен песком или другими имитирующими материалами. На приводном барабане смонтирован приводной канат. Движение барабана осуществляется от электродвига-

теля через червячный редуктор и ременную передачу.

Поверхность грунта разравнивается и прикатывается гладким катком, смонтированным на плавающей оси. На дополнительной раме смонтирована физическая модель рабочего органа с возможностью регулировки глубины копания винтом.

Привод рабочего органа – гидравлический, питаемый от шестеренного насоса, который приводится в движение электродвигателем. Расход потока жидкости регулируется дросселем, а выдвижение отвала производится гидрораспределителем Р-75 от пульта управления.

Вначале рабочий орган устанавливается в правое крайнее положение, т.е. на правом конце грунтового клапана вместе с тележкой. Далее разравнивается поверхность грунта, и с помощью винта отвал рабочего оборудования опускается до определенной глубины (рис. 2). Параметры грунтового канала, в том числе поперечное сечение, приняты из условия исключения влияния боковых стенок лотка на протекаемый процесс [2].

Основное достоинство данного стенда состоит в том, что его конструкция обеспечивает стабильную скорость передвижения рабочего органа, изменяя ее в широких пределах, что обеспечивает высокую точность измерений.

Коэффициент удельного сопротивления резанию k является обобщенным показателем характеристики снега и широко используется в расчетах строительно-дорожных машин [3]. Экспериментальные исследования для нахождения k проводились в реальных условиях в зимнее время, когда температура воздуха составляла -17…- 20^0 С. Резание снега проводилось на утрамбованных участках дороги средней плотностью 0,28 т/м^3.

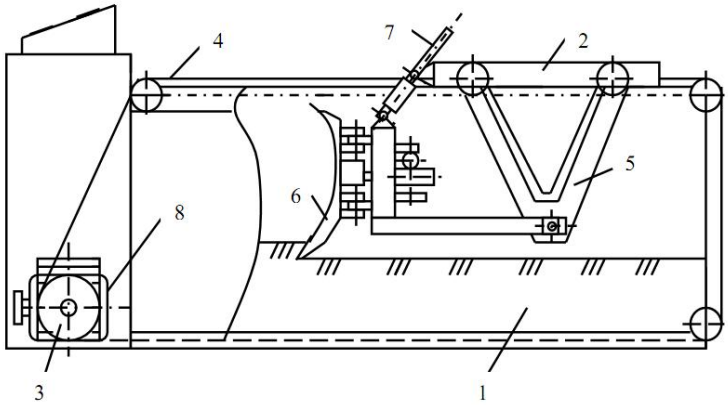


Рис. 1. Стенд для исследования процесса взаимодействия со снегом и рабочим органом бульдозера: 1 – грунтовой канал; 2 – тележка; 3 – барабан; 4 – канат; 5 – рама; 6 – рабочий орган; 7 – винт; 8 - электродвигатель

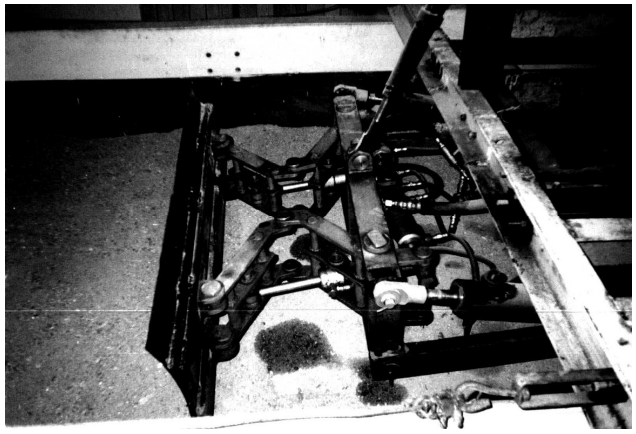


Рис. 2. Рабочий орган бульдозера выдвинут вперед

В качестве рабочего органа принимался плоский нож отвала с длиной 0,5 м и шириной 0,15 м. Запись на осциллограмму проводилась с помощью Г-образного тензозвена, позволяющего раздельно записать касательную и тангенциальную составляющие сопротивления резанию снега [2]. На рис. 3 представлена схема подключения тензодатчиков к измерительным и записывающим приборам. Тензорезисторы с базой 20 мм с сопротивлением 200 Ом (2 ФКПА - 20 - 200 - В ТУ - 25 - 06 - 1382 - 78) приклеивались на тензозвено суперцементом. Предварительно они были протарированы при помощи разрывной машины Р - 20. Датчики предохранялись от механических повреждений, влаги и смазочных материалов тонким слоем эпоксидной смолы [4]. Запись информации проводилась шлейфовым осциллографом К- 121 и усилителем “Топаз - 1”. Сигналы от тензорезисторов и датчиков через усилитель поступали в осциллограф. Мост сопротивлений служит для регулирования выходного сигнала перед подачей его на гальванометр осциллографа. Питание осциллографа и усилителя осуществлялось через стабилизирующие блоки питания.

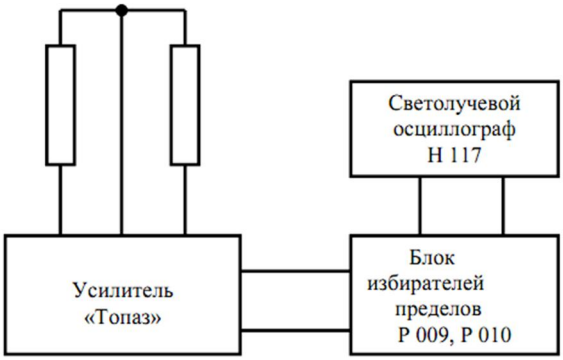


Рис. 3.Схема тензометрирования усилия резания снега

Погрешность измерений, проводимых в процессе исследований, определяется суммарной погрешностью измерительных средств и погрешностью обработки результатов.

Известно, что при установленных погрешностях тензометрической установки, которые не коррелирован или слабо коррелирован, общую погрешность измерительного тракта определяют геометрической суммой [5]:

$$\delta = \sqrt{\delta_f + \delta_o + \delta_r + \delta_g + \delta_m} \quad ,$$

где δ_f - погрешность тензометрического усилителя; δ_o - погрешность осциллографа; δ_r - погрешность магазина сопротивлений; δ_g - погрешность используемого гальванометра; δ_m - погрешность разрывной машины, при помощи которой производится тарировка.

Отклонение от линейности амплитудной характеристики канала усилителя типа “Топаз” составляет ±1 %, изменение усиления каналов на 6 часов работы при постоянной температуре окружающей среды ±2 %. Погрешности осциллографа К 121, магазина сопротивлений Р - 155 и гальванометра МО - 17 с собственной частотой 1200 Гц составляют соответственно ±10 %; ±10 %; ±1 %. Погрешность разрывной машины Р - 20 для испытаний бульдозерного оборудования равна ±2 %. Подставляя полученные величины в предыдущую формулу, получаем □ = 15 %.

Величину ошибки, получаемой при измерении ординат осциллограммы

(погрешность считывания) можно определить как:

$$\delta = \frac{h_o}{\theta_i} 100 \quad , \quad \% \quad ,$$

где h_o - толщина линии записи;

θ_i - величина ординаты.

Толщина линии записи по всему полю осциллограммы, одинакова и равна 0,5 мм. Минимальная величина ординаты, считываемая с осциллограммы равна 50 мм. Тогда погрешность считывания $\delta = 1\%$, а погрешность измерений величин усилий, действующих на тензометрические звенья, $\delta = 16$ %.

Необходимое количество наблюдений при условии обеспечения допустимой относительной ошибки определялось из выражений:

$$n \geq \frac{t^2 v^2}{\delta^2} \quad ,$$

где t - коэффициент нормального распределения, который находится в таблицах в соответствии с выбранной доверительной вероятностью [6], для доверительной вероятности $p = 0{,}95$ коэффициент $t = 1{,}96$; v - коэффициент вариации

$$v = \frac{\sigma}{m(x)} 100 \quad ,\% \quad ,$$

где σ - среднеквадратическое отклонение измеряемой величины; $m(x)$ - математическое ожидание.

Основываясь на многочисленных экспериментах по строительному и дорожному машиностроению можно принять допустимый коэффициент вариации в пределах 12...17 % с надежностью экспериментальных результатов, равной 0,9. В соответствии с рекомендацией [7] получаем максимальное необходимое количество параллельных (повторных) опытов, равное 3.

Выводы: 1) разработанный стенд, смонтированный на тензометрической тележке с возможностью изменения угла установки отвала в плане, выноса отвала в сторону, и выдвижением отвала вперед, позволяет вести комплексное исследование рабочего органа бульдозера с выдвигаемым отвалом; 2) определено необходимое количество наблюдений с учетом наличия допустимых погрешностей приборов и измерений.

Литература

1. Тургумбаев Ж.Ж., Кабашев Р.А., Исаков К. Кинематика бульдозерного оборудования с управляемым отвалом // Проблемы механизации в региональном строительстве: Тр. БПИ. 1991. - С. 30-31.
2. Зеленин А.Н Основы разрушения грунтов механическими способами. – М.: Машиностроение, 1968. – 375 с.
3. Снег: Справочник / Под ред. Д.М. Грея и Д.К. Майла. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 751 с.
4. Тензометрия в машиностроении / Под ред. Р.А.Макарова. - М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.
5. Дорожно-строительные машины и комплексы / Баловнев В.И., Ермилов А.Б., Новиков А.Н. и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 384 с.
6. Хартман К., Лецкий Э., Жефер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. - М.: Мир, 1977. – 552 с.
7. Скокан А.И., Грифф М.И., Каран В.Д. Планирование экспериментальных исследований в дорожном и строительном машиностроении: Обзор. - М.: ЦНИИТОСтроймаш, 1974. – 74 с.

УДК 621.181.662.9

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПЛАЗМЕННОГО ОБЖИГА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Самсалиев А.А.
КГТУ им. И.Раззакова

Неметаллические тугоплавкие материалы находят в настоящее время широкое применение в промышленности. Одним из проблемных участков для их широкого внедрения являются вопросы обжига или изменения оксидно-восстановленной форм неметаллов. Предлагается плазменный способ обжига неметаллов и устройство для его реализации.

В последнее время низкотемпературная плазма нашла широкое применение в химической технологии, при получении чистых веществ в электронной и металлургической промышленности [1].

Для удержания и стабилизации плазмы в определенной области разрядной камеры и транспортирования обрабатываемых материалов через плазменную зону в настоящее время используются воздушные потоки.

Например, известен СВЧ плазмотрон [2] содержащий магнетрон и цилиндрический резонатор с отверстиями в его торцевых стенках, в одно из которых вставлена антенна магнетрона, а второе снабжено соплом и является выводным для плазменного факела. В средней части полости резонатора установлены две перегородки, изготовленные из диэлектрического материала, причем одна из них - газонепроницаемая, а в центре другой выполнено отверстие. В полость между торцевой стенкой резонатора и газонепроницаемой перегородкой введена антенна магнетрона, а сама полость заполнена электроизолирующим газом высокого давления. Две другие полости подсоединены к системе подачи плазмообразующего газа, причем в полость между второй торцевой стенкой резонатора и перегородкой с отверстием плазмообразующий газ подается тангенциально к образующей окружности резонатора. За счет установки в разрядной камере резонатора дополнительной перегородки с центральным отверстием, обеспечивающим возможность подачи плазмообразующего газа двумя независимыми потоками, повышаются стабильность и устойчивость плазменного факела, надежность и к.п.д. плазмотрона (рис. 1.).

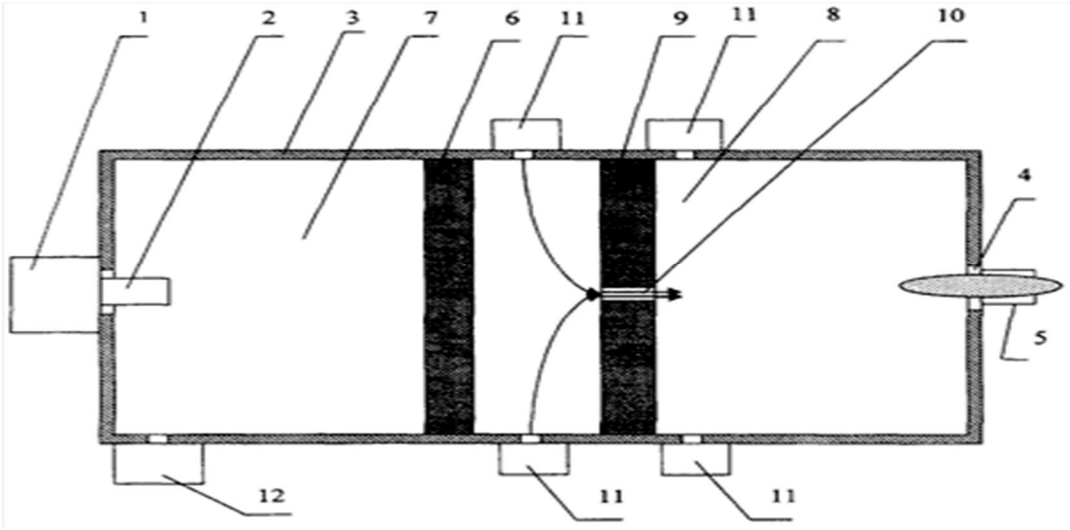


Рис.1. СВЧ- плазматрон с цилиндрическим резонатором

В данном устройстве реализован тангенциальный способ стабилизации плазмы и подачи материала. Такой способ стабилизации разряда не требует наличия плохообтекаемого тела, но введение дисперсного материала в плазму вследствие действия центростремительных сил приводит к выбросу частиц на стенки разрядной камеры и, соответственно, прекращению подачи СВЧ - мощности и срыву разряда.

В следующем рассматриваемом СВЧ – плазмотроне циклонного типа [3], содержащем волновод с вводом энергии, цилиндрическую разрядную камеру, проходящую через волновод перпендикулярно его широкой стенке, завихритель, расположенный в нижней части разрядной камеры, узел подачи золя, выходное сопло, узел подачи плазмообразующего газа и подачи порошковое материала. Выходное сопло встроено в завихритель и расположено в нижней части разрядной камеры. Устройство работает следующим образом. СВЧ-мощность, подаваемая по волноводу 1, поддерживает СВЧ - разряд атмосферного давления в разрядной камере 2, образованной цилиндрической кварцевой трубкой, узлом подачи порошка 6, завихрителем 3 и выхлопным соплом 5. Плазмообразующий газ подается через патрубки завихрителя 4 и выходит в выхлопное сопло 5, нагревшись в СВЧ-плазме. Стабилизация СВЧ-разряда достигается тангенциальной подачей плазмообразующего газа, который дополнительно выполняет роль охладителя стенок разрядной камеры и выходного сопла. Порошок подается через узел подачи 6, расположенный в верхней части разрядной камеры, проходит, нагреваясь, через СВЧ-плазму и выходит в выхлопное сопло 5 (рис.2.).

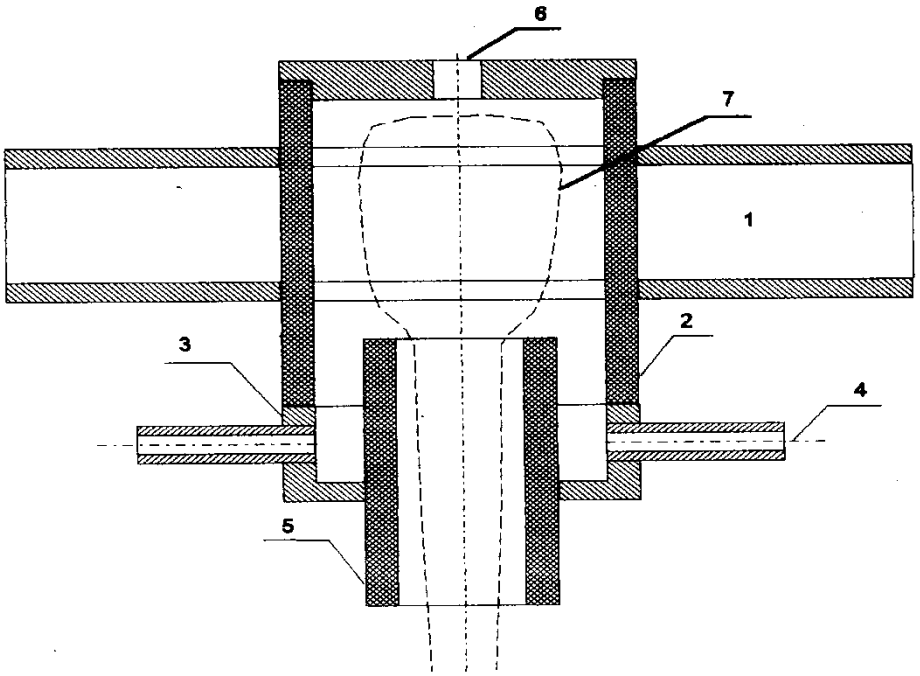


Рис.2. СВЧ - плазматрон циклонного типа

Недостатками приведенных типов плазматронов является то, что при использовании воздушных потоков для стабилизации плазмы и транспортировании материалов через плазменную зону возможны электрические пробои, приводящие к эрозии обтекаемого тела, загрязнению плазмы, срыву разряда и снижению ресурса работы плазматрона. Отсутствует в обоих случаях возможность регулировки времени и температуры обжига материалов.

Задачей исследований является увеличение ресурса работы плазматрона, равномерности воздействия плазмы на обжигаемый материал, достижение управляемости временем и температурой прохождения материала в зоне плазмы.

Поставленная задача достигается тем, что СВЧ – плазматрон обжига материалов, содержащий волновод, по которому подается СВЧ мощность, прямоугольный резонатор со сквозными отверстиями по сторонам, разрядную камеру, состоящую из двух сборных усеченных конусов, удерживаемых цилиндрическими трубками, выполненными из диэлектрических термостойких материалов. Для проведения обжига материала концентрат предварительно концентрат прессуется в стержень, который перемещается по направляющей керамической трубке. Регулируя скорость подачи стержня достигается изменение температуры плазменного состояния веществ, и в зависимости от состава смеси и времени воздействия происходит процесс окисления или восстановления.

Принципиальная схема СВЧ – плазматрона обжига материалов представлена на рис.3.

СВЧ-плазматрон обжига материалов представляет собой прямоугольный резонатор 2, на который подают СВЧ-мощность от магнетрона 1; имеет сквозные отверстия 3 по сторонам, разрядную камеру, состоящую из нижнего 4 и верхнего 5 усеченного конуса, которые удерживаются нижней 6 и верхней 7 цилиндрическими направляющими трубками.

Устройство плазменного обжига неметаллических материалов работает следующим образом. При подаче питания на магнетрон возбуждается плазма в разрядной камере, в которую по верхней направляющей трубе подаются спрессованные стержневые обрабатываемые материалы. Регулируя скорость подачи стержня, достигается изменение температуры плазменного состояния веществ. Скорость подачи зависит от количественного и качественного состава концентрата и необходимой степени проведения окислительных или восстановительных реакций. После прохождения процесса обжига обработанные материалы через нижнюю направляющую трубу выводятся из зоны обжига.

Выводы: преимущества предлагаемого СВЧ – плазматрона обжига материалов заключаются в универсальности для проведения окислительных так и восстановительных реакций, простоте схемы (без промежуточных элементов удержания плазмы) и возможности регулирования времени и температуры воздействия плазмы на материалы.

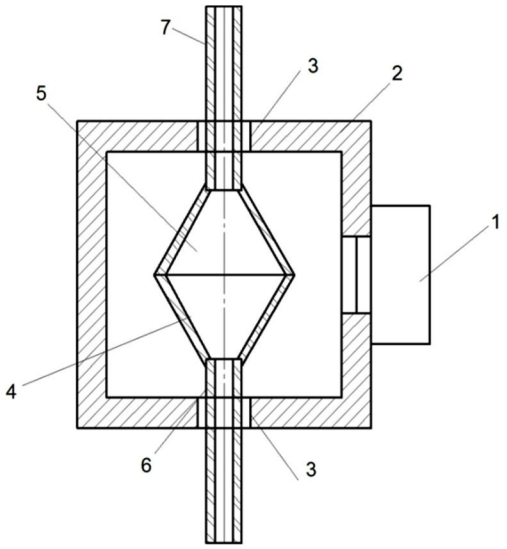


Рис.3. Предлагаемая конструкция СВЧ - плазматрона.

Литература

1. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980. 311с.
2. Буров В.Ф. Патент 2328095 РФ, 27.06.2008.
3. Дроков В.Г., Казмиров А.Д., Алхимов А.Б.. Патент 2082284 РФ, 20.06.1997.

УДК 621.181.662.9

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖИДКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВ

Самсалиев А.А.
КГТУ им. И.Раззакова

Предлагается устройство и способ регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ, фракционное разделение многокомпонентной жидкой среды.

В последнее время развивается новый раздел химии и физики, химической технологии – плазмохимия [1]. Технологии с использованием плазмы отличаются высоким уровнем энергии, вкладываемой в химическую систему. Это приводит к значительному увеличению скоростей химических превращений, уменьшению размеров реакторов, возможности переработки сырья, плохо поддающегося переработке традиционными методами.

Одним из перспективных направлений исследований является изучение и разработка СВЧ - плазматронов для регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества.

Известно устройство для СВЧ-обработки жидких диэлектрических материалов [2], содержащее вращающуюся рабочую камеру в виде цилиндра или усеченного конуса, на внутреннюю поверхность которой сверху наливается обрабатываемая жидкость, удерживаемая на поверхности центробежной силой и постепенно стекающая в приемную воронку, а СВЧ-мощность подается в камеру сверху через рупорный излучатель (рис.1.).

Известно также устройство для испарения жидких сред [3], содержащий рабочую камеру, волноводы для подвода сверхвысокочастотного излучения, размещенный в рабочей камере гранулированный материал, содержащий оксиды металлов в соотношении, мас.%: Cr_2O_3 - 48,50, Fe_2O_3 - 24,85, ZnO - 26,00, SiO_2 - 0,5, Co_2O_3 - 0,15.

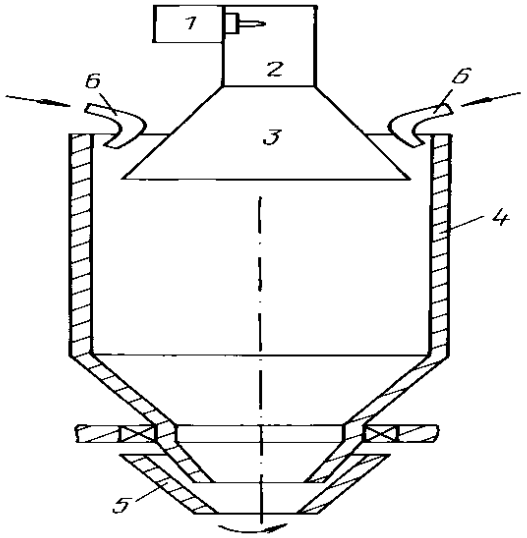


Рис. 1. Устройство СВЧ- обработки жидких диэлектрических материалов

Нагрев жидкой среды осуществляют совместно с неподвижным, не расходуемым веществом, преобразующим энергию электромагнитного поля в тепловую, в виде гранул либо в виде цельного материала, имеющего внутренние каналы для протекания по ним испаряемой среды.

Вещество, преобразующее энергию электромагнитного поля в тепловую, может быть выполненое цилиндрической или сферической форме или в форме параллелепипеда. В качестве вещества, преобразующего энергию электромагнитного поля в тепловую, используют смесь оксидов металлов (рис.2.).

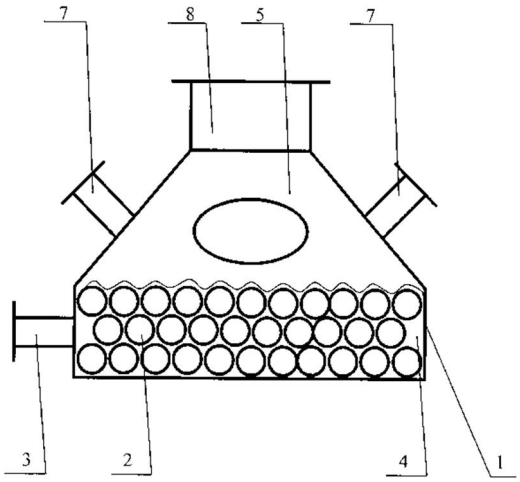


Рис.2. Устройство для испарения жидких сред

Недостатками устройства являются: ограниченность температуры СВЧ-нагрева, отсутствие управления процессом нагрева и возможность загрязнения жидких сред, контактирующих с оксидами металлов.

Задачами исследований является увеличение диапазона температуры регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества или на материалы, транспортируемые мокрым способом, достижение равномерности плазменного воздействия на материалы, управляемости временем прохождения материала через зону плазмы, организация многоступенчатого разделения составляющих многокомпонентных сред.

Поставленные задачи достигаются тем, что способ и устройство регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества, содержащее волновод, по которому подается СВЧ-мощность; прямоугольный резонатор со сквозными пазами по сторонам, через которые наклонно к горизонту проходит направляющая цилиндрическая керамическая трубка, разрядную камеру, выполненную в форме трапеции или усеченного конуса, удерживаемых вертикально цилиндрической трубкой, выполненных из диэлектрических термостойких материалов.

При проведении регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества изменяется скорость вращения и наклон керамической трубки. Состав веществ располагается в разрядной камере. Для фракционного разделения и обработки жидких многокомпонентных сред организуются взаимосвязанные блоки таких устройств с регулировкой температуры воздействия в каждой стадии для перехода в состояние пара компонентов.

Принципиальная схема способа и устройства регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества представлена на рис. 3.

Способ и устройство регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества представляет собой прямоугольный аппарат резонатора 1, имеющий технологические сквозные пазы 11, проходящую через них керамическую трубку 12, с конусом или трапецией 2, удерживающим плазму 14, регулятором воздействия плазмы 3 и наклона керамической трубки 4, дросселем 5 регулирования подачи материала в зону обжига, насоса 6 подачи материала, электрического двигателя 7 и привода 8 вращения керамической трубки, тройника 10 разделения воздушной части паров и жидкой части или обожженного материала 9.

В СВЧ – установку непрерывно подается мокрый или жидкий материал расход которого поддерживается постоянным, а регулировка производится дросселем 5. Время и температура плазменного воздействия регулируются углом наклона и скоростью вращения керамической трубки. Таким образом, можно добиться определенной степени эффективности тепловой обработки материалов, получить пирокаталитическое разделение компонент жидких веществ.

Принципиальная схема решения задачи организация многоступенчатого разделения составляющих многокомпонентных сред представлена на рис.4.

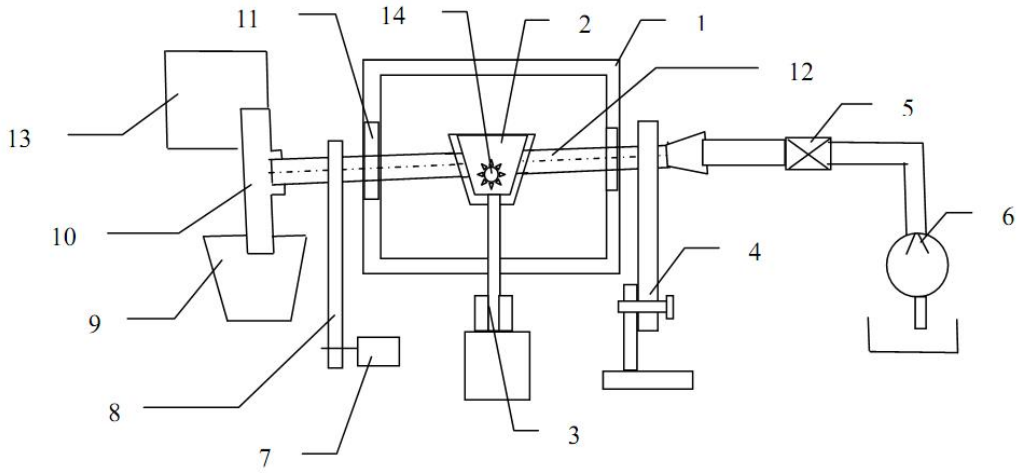


Рис.3. Схема устройства и способа регулирования плазменного воздействия на жидкие вещества

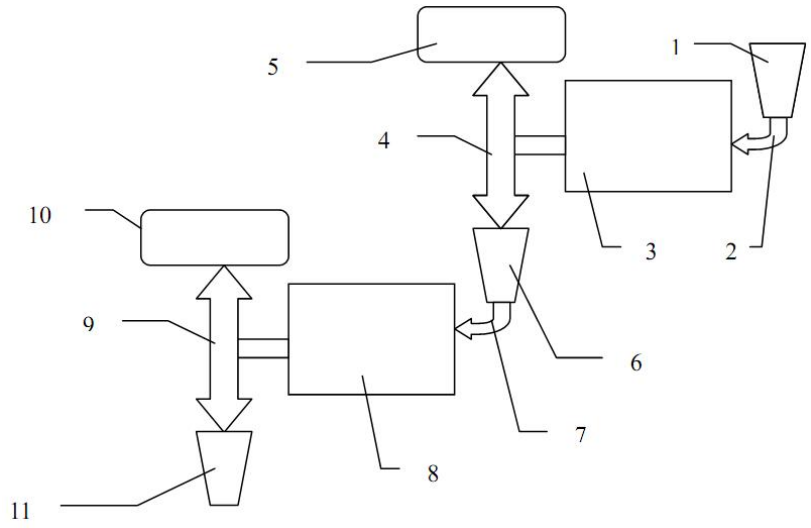


Рис. 4.

Из бункера 1 исходные вещества подаются по трубопроводам 2 в предлагаемую конструкцию СВЧ – установки 3, проходят через соответствующее плазменное воздействие. Выход разделяется на составляющие посредством тройниковой системы 4 на летучие фракции, которые конденсируются в емкости 5 и жидкие фракции, которые собираются в бункере 6 для дальнейшей обработки в следующем плазматроне.

Схема перемещения и разделения многокомпонентных сред по каждому контуру обработки аналогична вышеприведенной, но отличается диапазоном температур и временем нахождения в СВЧ – установке, а значит и продуктами, полученными в парообразном или жидком виде.

Становка может найти применение в плазменной технологии машиностроения, химической, нефтехимической и металлургической промышленности,

переработке органических и неорганических материалов.

Выводы. Преимущества предлагаемого способа и устройства регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества заключаются в увеличение диапазона температуры регулируемого плазменного воздействия на жидкие вещества, достижении равномерности воздействия плазмы на материал, управляемости времени прохождения материала в зоне плазмы, возможности фракционного разделения компонент жидких веществ по температуре парообразования, простоте схемы.

Литература

1. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. - М.: Наука, 1980. 311с.
2. Давидович М.В., Сучков С.Г. Патент 2078404 РФ, 27.04.1997.
3. Бикбулатов И.Х., Бахонин А.В., Даминев Р.Р., Кузеев И.Р., Шулаев Н.С. Патент 2200606 РФ, 20.03.2003.

УДК 621.05.021

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА В МОДЕЛЯХ ПОДДЕРЖКИ QoS ДЛЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Зимин И.В.
КГТУ им. И.Раззакова

Исследования по эффективному использованию канального ресурса в моделях поддержки QoS рассмотренные в статье направлены на создание методик планирования мультисервисных сетей связи и определения функциональных зависимостей между объёмами возникающего трафика, показателями качества обслуживания и структурными параметрами сети.

Studies on efficient use of channel resources in the models of support QoS considered in the article are aimed at development of techniques of planning multiservice communication networks and determining the functional dependencies between the volumes of the resulting traffic, indicators of the quality of the service and structural parameters of the network.

Введение. Актуальность проблемы определения, оценки и последующего использования характеристик качества обслуживания пользователей возрастает с насыщением сетей связи новыми мультимедийными услугами. Для их реализации необходимо учитывать зависимость объёма выделяемого ресурса от типа сервиса.

Важность и необходимость исследования соответствующих проблем нашла своё отражение в деятельности Международного союза электросвязи (МСЭ). Сектор стандартизации в области телекоммуникаций опубликовал в 2002 г. рекомендацию МСЭ Y.1540, в которой приведён перечень наиболее значимых показателей, задающих стандарты качества передачи пакетов в мультисервисных сетях. Рассмотренные механизмы поддержки качества сгруппированы в блоки в соответствии с логическими фазами обслуживания заявки пользователя.

Область исследования.

1. Управление допуском заявок (Admission control). Соответствующий механизм контролирует процесс приёма новых заявок к обслуживанию. Возможность допуска заявки в сеть зависит от заранее принятого соглашения по сервису, а также от наличия свободного ресурса, который может быть использован для её обслуживания с заданным уровнем и без ухудшения показателей QoS уже принятых заявок. Решение о допуске заявки принимается либо на основе анализа параметров рассматриваемого информационного потока, либо исходя из резуль-

татов измерения состояния сетевой инфраструктуры, занятой обслуживанием принятых заявок.

2. Маршрутизация, обеспечивающая показатели QoS (QoS routing). Сложность выбора маршрута следования информации пользователя существенным образом зависит от числа характеристик, участвующих в определении QoS, и от размеров сети. Необходимо отметить, что построенный маршрут может и не совпадать с кратчайшим путём. На практике, чтобы упростить решение поставленной задачи, качество обслуживания оценивают величиной одного параметра, например, объёмом канального ресурса или значением задержки, а для нахождения пути следования информации применяют заранее выбранные стратегии. При выборе маршрута используются данные о состоянии занятости канального ресурса.

3. Резервирование ресурсов (Resource reservation). Данный сетевой механизм выполняет действия по резервированию ресурсов сети, необходимых для достижения заданных показателей QoS. Его работа тесно связана с рассмотренным ранее механизмом, обеспечивающим доступ новых заявок. Конкретная реализация алгоритма резервирования зависит от того, какие показатели описывают качество обслуживания.

4. Управление очередью (буфером) ожидающих пакетов (Queue (or buffer) management). Рассматриваемый механизм определяет, какие из ожидающих пакетов будут оставлены в очереди, а какие нет. Данные действия в первую очередь направлены на минимизацию её размеров. При этом важно, с одной стороны, не допустить уменьшения коэффициента использования линии связи, а с другой, — избежать ситуаций, когда линия будет полностью загружена обслуживанием пакетов одного из потоков.

5. Предотвращение блокировок (Congestion avoidance). Блокировка на сети возникает в ситуации, когда ресурса сети не хватает для обслуживания поступающих информационных потоков. Её внешними признаками являются заполненные до предела очереди ожидающих пакетов на коммутаторах и, как следствие, увеличение доли отброшенных пакетов. Всё это приводит к повторным передачам, которые могут полностью заблокировать работу узлов коммутации и снизить обслуженный поток заявок практически до нуля. В этой ситуации простое увеличение размеров буфера не решает проблемы блокировки, поскольку увеличение времени ожидания опять приводит к повторным передачам с теми же отрицательными последствиями. Для устранения на сети «узких мест» с низкой пропускной способностью обычно применяют механизмы, направленные на уменьшение интенсивности информационного потока от источника трафика.

6. Организация и планирование очередей (Queuing and scheduling). Действие данного механизма направлено на выбор пакетов из буфера для передачи по исходящей линии.

7. Модель интегрированных услуг: Модель организации процесса передачи сообщений в архитектуре IntServ в упрощенном виде реализует принципы построения соединений «точка-точка» с гарантированным качеством обслуживания, используемые в технологии ATM. Основная область применения IntServ — поддержка приложений реального времени, чувствительных к задержкам. В соответствии с данной концепцией для передачи пользовательской информации должен быть организован маршрут следования трафика и обеспечено взаимодействие элементов сетевой инфраструктуры для резервирования необходимого объёма канального ресурса. Только после этого начинается передача информации пользователя. Для решения этой задачи разработан протокол сигнализации RSVP (Resource reSerVation Protocol). Его основная функция — создание и поддержка маршрута следования информации. Для этого RSVP осуществляет взаимодействие с используемыми на сети протоколами маршрутизации, механизмами управления трафиком и схемами допуска заявок к обслуживанию. Поддержка соединения осуществляется получателем

информации, а не промежуточными узлами. Из числа механизмов управления качеством обслуживания IP-пакетов в модели интегрированных услуг применяются: управление допуском заявок; резервирование ресурсов; организация и планирование очередей; классификация трафика; контроль доступа.

Модель дифференцированных услуг: В основе концепции DiffServ лежит принцип обработки IP-пакетов в соответствии с заданным классом обслуживания. Соответствующая информация кодируется в поле типа обслуживания TOS (Type of Service) заголовка IP-пакета. Каждый сетевой узел может поддержать несколько десятков классов обслуживания. Структура модели DiffServ включает в себя область DiffServ и механизмы обработки и продвижения пакета по узлам, входящим в область DiffServ, в соответствии с заданным качеством обслуживания PHB (Per Hop Behavior). Область DiffServ состоит из некоторого числа узлов, поддерживающих DiffServ. В ней выделяются граничный сегмент и ядро. Граничные узлы также делятся на входящие и исходящие. Входящий граничный узел обеспечивает мониторинг поступающих информационных потоков и оценивает адекватность их параметров. В области DiffServ пакеты агрегированного потока обрабатываются по одним и тем же правилам и получают одинаковый уровень обслуживания. Выбор модели локального поведения даёт возможность узлам ядра области DiffServ реализовать назначенный класс обслуживания. Применение различных схем локального поведения регулируется правилами выбора из очереди и управлением буферным пространством. Основными достоинствами модели DiffServ являются масштабируемость и простота внедрения. Рост числа соединений не приводит к росту числа агрегированных потоков. Это очень важно при реализации пакетной сетью массовых услуг.

Traffic Engineering. Возможности по управлению и дифференциации информационных потоков, привели к созданию нового направления в теории телетрафика, которое звучит как traffic engineering (или сокращенно - TE). Это комплекс взаимоувязанных методов и механизмов, позволяющий оператору оптимизировать показатели пропускной способности мультисервисной сети связи. Методы traffic engineering можно использовать как с целью устранения условий для появления блокировки в будущем, так и для вывода сети из пребывания в состоянии перегрузки в настоящий момент. При нехватке канального ресурса в отдельных сегментах сети часто наблюдается недоиспользование передаточных возможностей линий в направлениях, которые могли бы быть альтернативными для обслуживания заблокированного трафика. Решение подобных проблем также является одной из основных задач traffic engineering. Рассмотрим отдельные составляющие traffic engineering. Первый компонент это измерение характеристик информационных потоков. Для реализации соответствующей функции используются специализированные программно-аппаратные комплексы. Они собирают и ведут предварительную обработку сведений о числе пакетов, передаваемых в заданном направлении, о размерах пакетов, о величине информационного потока в период наибольшей нагрузки, о распределении трафика по направлениям, о параметрах наиболее популярных коммуникационных приложений, о скорости поступления и обработки информации и т.д. Второй компонент это выполнение действий по формализованному описанию информационных потоков. Сюда входят процедуры обработки результатов измерений и разделение их на категории, которые могут быть использованы для статистического анализа. Третий компонент — это моделирование процесса поступления и обслуживания информационных потоков. Здесь на основе данных статистических наблюдений выводятся аналитические и

алгоритмические зависимости, позволяющие по значениям параметров потоков и сведениям о топологии сети находить значения характеристик качества обслуживания пользователей. Полученные результаты используются для оценки последствий принимаемых решений или прогноза изменения качества обслуживания при возможном изменении интенсивностей входных потоков. Заключительный четвертый компонент относится к принятию решений о распределении трафика. Реализация функций traffic engineering позволяет оператору проводить мероприятия, направленные на оптимизацию загрузки ресурса сети. Для их осуществления необходимо построить модели распределения канального ресурса в мультисервисных сетях.

Технические и пользовательские аспекты QoS. Конечной целью теоретических исследований, направленных на создание методик планирования мультисервисных сетей связи, является определение функциональных зависимостей между объёмами возникающего трафика, показателями качества обслуживания и структурными параметрами сети, которые в конечном итоге могут быть использованы для определения стоимости решения. Главной трудностью здесь является оценка показателей QoS. Требования к условиям передачи вытекают из характера предоставляемых услуг. Соответствующий перечень классов сервисов выглядит следующим образом.

Класс 0 — потоки реального времени, отличающиеся высокой степенью интерактивности и чувствительные к вариации задержки (высококачественная пакетная телефония и видеоконференц-связь).

Класс 1 — потоки реального времени, интерактивные и чувствительные к вариации задержки (пакетная телефония, видеоконференц-связь).

Класс 2 — транзакции данных, отличающиеся высокой степенью интерактивности (сигнализация).

Класс 3 — транзакции данных, интерактивные.

Класс 4 — потоки, чувствительные к потере информации в процессе её передачи по сети (массивы данных, потоковое видео).

Класс 5 — традиционные приложения IP-сетей с характеристиками передачи по умолчанию.

Разделение коммуникационных приложений на категории в соответствии с восприятием пользователем качества получаемого сервиса приведена в таблице 1.

Таблица 1

Разделение коммуникационных приложений на категории в соответствии с восприятием пользователем качества получаемого сервиса

Класс трафика	Тип приложения	Потери	Задержка	Джиттер
Передача данных в режиме реального времени	Голосовая связь	Средняя	Высокая	Высокая
	Транзакции данных	Высокая	Высокая	Низкая
	Видеоконференцсвязь	Низкая	Высокая	Высокая
Интерактивная передача данных	Просмотр WEB-страниц	Высокая	Средняя	Низкая
	Скачивание документов	Высокая	Средняя	Низкая
	Скачивание видеофайлов	Высокая	Средняя	Средняя
Передача данных терпимым к задержке	Пересылка файлов	Высокая	Низкая	Низкая
	Электронная почта	Высокая	Низкая	Низкая
	Телеметрия	Высокая	Низкая	Низкая

Следующий из рассмотренных подходов решает эту же задачу с позиций восприятия пользователем качества получаемой услуги. При этом используются характеристики:

- ***доля потерянных пакетов,*** определяемая как доля IP-пакетов, отброшенных из-за блокировок в процессе их передачи по сети;
- ***доля отказов в установлении соединения,*** определяемая как доля заявок, составляющих рассматриваемый поток, для которых механизм управления допуском отказал в резервировании канального ре-

сурса в количестве, необходимом для обслуживания поступившей заявки;

- ***скорость передачи информации пользователя***, определяемая как отношение объёма успешно переданной информации к периоду наблюдения и измеряемая в битах в секунду.

Основанием для такого выбора является интегральный характер показателей, предлагаемых для оценки QoS. а также легкость их измерения и моделирования. Соответствующие показатели: доля отказов в установлении соединения и скорость передачи информации пользователя отражают уровень блокировок на сети. Значение эффективной скорости передачи используется для оценки потребности в канальном ресурсе при передаче трафика мультисервисных коммуникационных приложений.

Этапы оценки пропускной способности мультисервисной сети связи приведены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы оценки пропускной способности мультисервисной сети связи

Перечень этапов	***Этап 1*** ***Оценка эффективности скорости передачи***	***Этап 2*** ***Расчет ресурса для сервисов реального времени***	***Этап 3*** ***Расчет ресурса для сервисов интерактивной передачи данных***	***Этап 4*** ***Расчет ресурса для сервисов передачи данных, допускающих задержку***
Характеристика этапа				
Тип сервиса	Моносервисные коммуникационные приложения реального времени	Мультисервисные коммуникационные приложения реального времени	Сервисы интерактивной и потоковой передачи данных	Сервисы передачи данных, допускающих задержку
Целевой показатель QoS	Доля потерянных пакетов	Доля отказов в установлении соединения	Скорость передачи информации пользователя (время скачивания документа)	Скорость передачи информации пользователя (время скачивания документа)
Результат выполнения этапа	Значение эффективной скорости передачи для каждого сервиса	Потребность в ресурсе для мультисервисного трафика реального времени	Абсолютная или дополнительная потребность в ресурсе	Абсолютная или дополнительная потребность в ресурсе

Типы и объёмы возникающего трафика. На основании данных измерений и маркетинговых исследований оценивается плотность распределения потенциальных информационных потоков (возникающий трафик) от оконечного оборудования сети: телефонных аппаратов, компьютеров, датчиков телеметрии и других подобных им устройств. Определяются точки концентрации трафика. Анализируется характер информационных потоков между ними, и определяются его типы в соответствии с введённой классификацией предоставляемых услуг. Величина трафика каждого вида задаётся значениями пиковой и средней скоростей передачи информации (кбит/с), которые впоследствии используются для оценки эффективной скорости передачи. Общий объём возникающего трафика по всем типам услуг определяется потенциальным числом пользователей и прогнозируемой частотой запросов на предоставление соответствующего сервиса. Определение величины ресурса (скорости линии), достаточной для обслуживания заданного объёма трафика, происходит последовательным сравнением рассчитанного показателя QoS с его нормированным значением. После того, как требуемый объём канального ресурса линий и узлов сети найден, рассчитываются фактические показатели качества обслуживания поступающих заявок, которые достигаются на мультисервисной сети, рассматрива-

емой как единое целое. Для повышения точности оценок эту часть расчётов рекомендуется проводить помимо приближённых методик также и средствами имитационного моделирования.

Понятие эффективной скорости передачи информационного потока вводится для оценки потребности в канальном ресурсе при передаче импульсного трафика с использованием пакетных технологий. Оно тесно связано со свойством статистического мультиплексирования, характерного для данной технологии передачи, и позволяет рассчитать максимально возможное число соединений определённого вида при фиксированной доле потерь информационных ячеек. Тем самым создаётся возможность оценить минимально необходимую скорость линии в заданном направлении.

Показателей работы системы по интенсивностям поступающих заявок на выделение канального ресурса. Для решения разного рода оптимизационных задач необходимо знать значения производных основных показателей работы системы по интенсивностям поступающих заявок на выделение канального ресурса. Их можно найти, если известны явные выражения для этих показателей через параметры модели. Например, для модели Эрланга производная вероятности потерь $\mathrm{E}(\mathrm{v},\mathrm{a})$ по интенсивности поступающих заявок, a имеет вид (1):

$$\mathrm{E}\ \mathrm{v},\mathrm{a}\ ' = \mathrm{E}\ \mathrm{v},\mathrm{a}\ \ \frac{\mathrm{v}-\mathrm{a}\ 1-\mathrm{E}\ \mathrm{v},\mathrm{a}}{\mathrm{a}} \qquad (1)$$

В приведённой формуле (1) величина производной выражена через значение формулы Эрланга, что упрощает её определение.

Рассмотрим проблему вычисления производных доли потерянных заявок $\pi_k, \mathrm{k} = 1,2,\ldots,n$ для исследуемой модели мультисервисной линии.

Для нахождения соответствующих выражений воспользуемся альтернативным алгоритмом вычисления основных показателей приёма заявок к обслуживанию, основанным на использовании оператора свёртки.

Рассмотрим два вектора с компонентами $x = x\ 0\ ,x\ 1\ ,\ldots,x\ a_x$ и $\mathrm{y} = y\ 0\ ,\mathrm{y}\ 1\ ,\ldots,y\ a_y$. Применение оператора свёртки к векторам x,y даёт вектор z с компонентами $z = z\ 0\ ,z\ 1\ ,\ldots,z\ a_z$, определяемыми из выражений

$z\ 0\ = x\ 0\ y\ 0\ ,\ z\ 1\ = x\ 0\ y\ 1\ +$
$x\ 1\ y\ 0\ ,\ldots,$ где $a_z \le a_x + a_y$

Последовательность действий, которые необходимо для этого выполнить, выглядит следующим образом:

1. Обозначим через $\mathrm{P_k}\ \mathrm{i}\ ,\ \mathrm{i} = 0,1,\ldots,\mathrm{v}$ ненормированные значения стационарных вероятностей занятия i единиц канального ресурса линии в ситуации, когда на обслуживание предлагаются только заявки -го потока. Взяв $\mathrm{P_k}\ 0$ за единицу и представив все $\mathrm{P_k}\ i$ через $\mathrm{P_k}\ 0$, получаем следующие выражения для $\mathrm{P_k}\ i$, $\mathrm{i} —\ 0,1,\ldots,\mathrm{v}$

$$\mathrm{P_k}\ i\ = \begin{matrix} \frac{a_k^j}{j!}, & i = jb_k, & j = 0,1,\ldots,c_k \\ 0, & i \neq jb_k, & j = 0,1,\ldots,c_k \end{matrix} \qquad (2)$$

В (2) величина c_k — максимальное число заявок k —го потока, которые одновременно могут находиться на обслуживании. Значение c_k — это целая часть отношения. Вектор $(\mathrm{P_k}\ 0\ ,\mathrm{P_k}\ 1\ ,\ldots,\mathrm{P_k}\ v\ )$ индивидуальное стационарное распределение k —го потока.

2. Обозначим через

$\mathrm{P_{n\backslash}}_k\ 0\ ,\mathrm{P}_{n\backslash k}\ 1\ ,\ldots,\mathrm{P_{n\backslash}}_k\ \mathrm{v}$ вектор, полученный после свёртки n индивидуальных распределений за исключением распределения k —го потока. Для компонент $\mathrm{P_{n\backslash}}_k\ i$ значение i — число единиц ресурса линии занятых обслуживанием заявок всех потоков за исключением k —го потока, $i = 0,1,\ldots,\mathrm{v}.$

3. Выполнив свёртку вектора $\mathrm{P_{n\backslash}}_k\ 0\ ,\mathrm{P}_{n\backslash k}\ 1\ ,\ldots,\mathrm{P_{n\backslash}}_k\ \mathrm{v}$ с векто-

ром индивидуального распределения k−го потока ($P_k\ 0\ , P_k\ 1\ , \dots , P_k\ v\ $), получаем ненормированное распределение P i ,i =.0,1, … , i числа единиц ресурса линии, занятых обслуживанием заявок всех потоков.

4. Результаты промежуточных преобразований, полученные в процессе свёртки всех n индивидуальных распределений, дают возможность найти расчётные соотношения для производных π_k по a_j, k = 1,2, … , n, j = 1, 2, … , n. Обозначим через N = $\sum_{i=0}^{v} P(i)$ нормировочную константу. Тогда, в соответствии с определением, производная π_k по a_j может быть найдена из следующих выражений:

$$\frac{\partial \pi_k}{\partial a_j} = \frac{1}{N^2} \times \frac{\partial\ P\ v\ + P\ v-1\ + \cdots + P\ v-b_k+1}{\partial a_j}$$

$$\times N - \ P\ v\ + P\ v-1\ + \cdots + P\ v-b_k+1\ \frac{\partial N}{\partial a_j} \qquad (3)$$

Из определения оператора свёртки получаем соотношение для

$P\ i\ , i\ =\ 0,1, \dots , v.$ $\quad P\ i\ = P_{n\setminus j}\ i\ P_j\ 0\ + P_{n\setminus j}\ i-1\ P_j\ 1\ + \cdots + P_{n\setminus j}\ 0\ P_j\ i$

Компоненты $P_{n\setminus j}\ i\ ,$ i = 0,1, … , v, не зависят от a_j. Из (2) следует выражение для производной $P_j(i)$ по a_j:

$$\frac{\partial P_j(i)}{\partial a_j} = P_j\ i-b_j\ , \quad i = b_j, b_j+1, \dots , v.$$

Отсюда получаем соотношение для производной ненормированного значения P(i) по величине интенсивности j − го потока

$$\frac{\partial P\ i}{\partial a_j} = P_{nJay}\ i-b\ P_j\ 0\ + P_{nJay}\ i-b_j-1\ P_j\ 1\ + \cdots P_{nJay}\ 0\ P_j\ i-b_j\ =$$

$$= P\ i-b_j \qquad (4)$$

Используя (3) и (4), получаем:

$$\frac{\partial \pi_k}{\partial a_j} = p\ v-b_j\ + p\ v-b_j-1\ + \cdots + p\ v-b_j-b_k+1\ - \qquad (5)$$

$$- \ p\ v-b_j\ + p\ v-b_j-1\ + \cdots + p\ 0\ \times$$

$$\times\ p\ v\ + p\ v-1\ + \cdots + p\ v-b_k+1\ =$$

$$= p\ v-b_j\ + p\ v-b_j-1\ + \cdots + p\ v-b_j-b_k+1\ - \ 1-\pi_j\ \pi_k$$

Найденное соотношение даёт возможность выразить значения производных доли потерянных заявок каждого потока по всем интенсивностям поступающих заявок через значения вероятностей занятости канального ресурса p(i), i — 0,1, … , v. Рассмотрим несколько примеров использования полученных результатов.

Предположим, что качество работы мультисервисной линии связи оценивается функционалом $f(\pi_1, \pi_2, \dots , \pi_n)$, где π_k, k = 1,2, … , n — доля отказов в обслуживании для заявок k − го потока, зависящая в свою очередь от интенсивностей поступления заявок всех потоков $a_1, a_2, \dots , a_n$. Таким образом, можно записать $\pi_k = \pi_k(a_1, a_2, \dots , a_n)$. Приведём конкретные примеры функционала $f(\cdot)$.

1. Доля отказов в выделении канального ресурса для заявок k − го потока

$$f\ \pi_1, \pi_2, \dots , \pi_n\ = \pi_k. \qquad (6)$$

2. Среднее число единиц канального ресурса линии, занятых обслуживанием заявок k − го потока

$$f\ \pi_1, \pi_2, \dots , \pi_n\ = a_k b_k\ 1-\pi_k\ . \qquad (7)$$

3. Средний доход, полученный от обслуживания мультисервисного трафика

$$f\ \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\ = \ \sum_{k=1}^{n} r_k\, a_k b_k\ 1 - \pi_k\ . \quad (8)$$

Здесь r_k — коэффициент, отражающий в условных единицах доход от занятия одной канальной единицы линии на обслуживание заявок $k-$го потока.

Рассмотрим задачи, возникающие при эксплуатации и проектировании мультисервисных систем связи, которые могут быть решены с использованием производных. Довольно часто возникает необходимость в оценке флуктуации значения рассчитываемого функционала $f(\bullet)$ от небольших изменений входных параметров модели. Для простоты определим $f(\bullet)$ из соотношения (6).

Как правило, при определении необходимого объёма канального ресурса используются значения интенсивностей предложенного трафика $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ зависящей от используемой статистической процедуры оценивания. Таким образом, вместо значений $a_1, a_2, \dots, a_n$ используются величины $(a_1 \pm \Delta a_1, a_2 \pm \Delta a_2, \dots, a_n \pm \Delta a_n)$. В этой ситуации возникает задача оценки ошибки определения канального ресурса, вызванной ошибками измерения входных параметров модели. Будем считать, что вносимые изменения носят случайный характер и сформулируем допущения об их характере.

Предположим, что значения $a_1, a_2, \dots, a_n$ известны с независимыми ошибками: $a_j = a_j^0 + \xi_j, j = 1, 2, \dots, n.$ Будем также считать, что случайные величины $\xi_j, j = 1, 2, \dots, n$ имеют нормальное распределение со средним равным нулю и среднеквадратическим отклонением.

Если $\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n$ является дифференцируемой функцией своих параметров, то, используя формулу Тейлора, можно записать:

$$\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n\ = \pi_k\ {a_1}^0, {a_2}^0, \dots, {a_n}^0\ + \ \sum_{j=1}^{n} D_{kj}\xi_j + o\ \overline{\sum_{j=1}^{n} \xi_j^2} \quad (9)$$

где D_{kj}- значения частных производных $\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n$ в точке ${a_1}^0, {a_2}^0, \dots, {a_n}^0$

$$D_{kj} = \frac{\partial \pi_k\ {a_1}^0, {a_2}^0, \dots, {a_n}^0}{\partial a_j}, \quad (10)$$

а свойства функции $o(x)$ определяются пределом $\lim_{x\to 0} \frac{o(x)}{x} = o\ 1\ = 0$

Предположим, что величины τ_j малы.

Тогда при $\tau_j \to 0$ величина $\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n$, определяемая выражением (9), будет иметь нормальное распределение со средним значением $\pi_k^0 = \pi_k\ {a_1}^0, {a_2}^0, \dots, {a_n}^0$ и дисперсией $D_k = \sum_{j=1}^{n} D_{k,j}^2 \tau_j^2$.

Зная дисперсию τ_j и уровнем доверия u_p, можно рассчитать доверительный интервал для значений a_k.

Вывод.

Таким образом, если для показателей качества обслуживания заявок $k-$го потока известны частные производные по интенсивностям поступающих потоков заявок, то при наличии случайных ошибок измерения интенсивностей можно построить доверительный интервал для рассматриваемой характеристики, являющейся функцией уровня доверия и дисперсии ошибок измерения каждой из этих интенсивностей.

Для реализации соответствующей возможности необходимо найти значения частных производных

$D_{k,j}$, $k = 1,2, \dots, n, j = 1,2, \dots, n.$

Для исследуемой модели значения $D_{k,j}$ определяются с использованием соотношений (5), (10).

Если, изменение значений входных параметров носит детерминированный характер, то в соответствии с известными результатами математического анализа значение дифференцируемой функции $\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n$ в некоторой окрестности $a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots., a_n + \Delta a_n$ определяется из выражения:

$$\pi_k = a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots., a_n + \Delta a_n = \quad (11)$$
$$= \pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n\ + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_1}\Delta a_1 + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_2}\Delta a_2 + \cdots + \frac{\partial \pi_k}{\partial a_n}\Delta a_n$$

Таким образом, если известны величины блокировки $\pi_k\ a_1, a_2, \dots, a_n$ для значений интенсивностей предложенного трафика $a_1, a_2, \dots, a_n.$, тогда линейная функция (11) может быть использована для приближённого вычисления блокировки в некоторой окрестности значений $a_1, a_2, \dots, a_n$, определяемой выражением $a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots., a_n + \Delta a_n$.

Литература

1. Зимин И.В. Учебник: «Управление трафиком в сетях и системах телекоммуникаций». Издательство «Алтын Принт», Бишкек 2012.;
2. Зимин И.В., Алымкулов С. А. Исследование модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Бишкек, 2013.
3. Зимин И.В. Планирование пропускной способности трафика сети с точки зрения показателей QoS // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Журнал Известия Кыргызского государственного технического университета № 26, Кыргызстан Бишкек, 2012. С. 128-137.
4. Зимин И.В., Баянкина Е.В. Практическое применение задач управления сетевыми ресурсами в телекоммуникационных сетях // Журнал Проблемы автоматики и управления №2, Институт автоматики Национальной Академии наук КР, материалы международной конференции «Проблемы управления и информационных технологий», Кыргызстан Бишкек, 2010. С. 31-35.
5. Зимин И.В.Методы теории массового обслуживания в задачах моделирования перспективных телекоммуникационных систем // ГОУ «Восточно-Сибирский государственный технологический университет» Материалы конференции часть 1 десятой Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий», Российская Федерация город Улан-Удэ, июль 2009. С. 66-72.
6. Степанов С.Н.; Иверсин В.Б. Способы уменьшения объема вычислений при расчете моделей систем связей с потерями, основанные на игнорировании маловероятных состояний // Проблемы передачи информации. 2001. Том. 37. Выпуск. 3.;
7. Степанов С.Н. Материалы курса лекций «Основы теории моделирования сетей и систем телекоммуникаций». – М.: Московский технический университет связи и информатики. 2008.;
8. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. Издание М., ЭКОТРЕНДЗ, 2010.;
9. Iversen V.B. Teletraffic Engineering Handbook. – ITU-D, Nov 2002;
10. Iversen V.B., Stepanov S.N. The Unified Approach for Teletraffic Models to Convert Recursions dor Globsl State Probabailities into Stable Form // Proc. 19th International Teletraffic Congress. Beijiing. Chins, August 29 – September 2. 2005.;
11. Iversen V.B., Stepanov S.N. The optimsl dimensioning of multi-service links // Proc. COST-285 Mid-term Symposium. Munchen, September 8-10, 2005. Chapter 7 (pp. 151-178) in A. Nejat Ince & Ercan Topuz (editors): Modeling and simulation tools for emerging telecommunication networks. Springer, 2006.

УДК.621.391.05

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЕКУРСИВНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА ТРАФИКА В СЕРВИСАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Зимин И.В.,
КГТУ им. И.Раззакова

В статье исследуется базовая модель, которая является мультисервисным аналогом классической модели Эрланга. В анализируемой системе рассматривается процесс совместного использования канального ресурса звена мультисервисной сети произвольным числом пуассоновских потоков заявок, различающихся интенсивностью поступления, количеством ресурса, выделяемого для обслуживания одной заявки, и временем его занятия на передачу информации пользователя. Для исследуемой модели обслуживания заявок получены все основные результаты, которые ранее были получены для модели Эрланга и способствовали её широкому распространению среди инженеров, занимающихся проектированием сетей связи.

The article deals with the basic model, which is analogous to the classical model of multiservice Erlang. In the analyzed system deals with the process of sharing of resource managers multiservice network-layer any number of applications, varying flows for Poisson intensity, the amount of resources allocated to Service SA one application and the time of his classes on the transfer of user information. For the studied models of service applications received for all of the major results of the model were obtained for Erlang and contributed to its wide dissemination among the engineers involved in the design of Tei connection.

Введение. Для моделей мультисервисных систем связи схема занятия канального ресурса зависит от типа поступившей заявки. Выделение групп однородных событий, описывающих последовательность моментов поступления заявок, не приводит их к одному потоку, как это происходит в классических моделях теории телетрафика. Процесс обслуживания каждой группы заявок необходимо рассматривать отдельно. Таким образом, возникает класс много потоковых моделей. Привязка модели к реальным условиям обслуживания поступающих заявок происходит на этапе формализации, когда технические характеристики систем связи (скорость линий, доступность и т.д.) интерпретируются в терминах понятий, используемых при описании соответствующих моделей теории телетрафика.

Исследуемая модель. Основной областью использования исследуемой модели является определение необходимого объёма канального ресурса для передачи трафика сервисов реального времени.

Достаточность ресурса будет оцениваться долей потерянных заявок. В рамках предположений для вычисления этого показателя достаточно знать долю времени пребывания мультисервисной линии в состоянии с известным числом заявок каждого вида, находящихся на обслуживании.

Выбор показателей обслуживания заявок задаёт вид пространства состояний исследуемой модели и структуру случайного процесса, описывающего динамику их изменения. На рис. 1 для исследуемой модели показаны пространство состояний и соответствующая диаграмма переходов при $n = 2$.

Принято, что $bi = b_2 = 1$. Схема построения модели и введённые ограничения на изменения входных параметров позволяют утверждать, что процесс $r(t)$ — Марковский. Если дополнительно предположить, что все состояния, входящие в S, — сообщающиеся, т.е. из каждого состояния в любое другое и обратно можно попасть в результате некоторого числа поступлений заявок или освобождений канального ресурса, то можно сделать вывод о наличии для $r(t)$ стационарного режима [1].

Обозначим через $p(i_1,i_2,\ldots\ldots,i_n)$, стационарную вероятность состояния $(i_1,i_2,\ldots\ldots,i_n)$, где — число заявок *k*-го потока, находящихся на обслуживании в стационарном режиме, $k=1,2,...,n$.

В дальнейшем $p(\bullet)$ используется для обозначения нормированных значений вероятностей стационарных состояний исследуемых моделей, а $P(\bullet)$ — для обозначения ненормированных значений стационарных вероятностей.

Значения стационарных (предельных) вероятностей Марковского процесса $p(i_1,i_2,\ldots\ldots,i_n)$, имеют интерпретацию доли времени пребывания линии в состоянии $(i_1,i_2,\ldots\ldots,i_n)$.

Используя данную интерпретацию, дадим определение основным показателям QoS, необходимым для оценки достаточности канального ресурса линии.

Качество обслуживания заявок *k*-го потока определяется долей π_k потерянных заявок и средней величиной занятого канального ресурса.

Доля потерянных заявок *k*-го потока находится как доля времени пребывания процесса *r(t)* в состояниях, когда приём поступившей заявки невозможен из-за нехватки свободного канального ресурса.

Справедливость данного утверждения вытекает из свойств пуассоновского потока, которому подчиняются моменты поступления заявок *k*-го потока.

Обозначим через U_k множество соответствующих состояний. Оно включает в себя состояния $(i_1,i_2,\ldots\ldots,i_n)\in S$, удовлетворяющие условию:

$$i_1b_1 + i_2b_2 + \ldots\ldots + i_nb_n > v - b_k \qquad (1)$$

Занумеруем b_k так, чтобы выполнялись неравенства: $b_1 \le b_2 \le \ldots \le b_n$

Построенная модель хорошо известна в теории телетрафика и её исследованию посвящено множество работ [2,3]. Она имеет ряд отличительных особенностей, значительно упрощающих вычисление введённых показателей качества обслуживания заявок. Начнём со свойства мультипликативности значений стационарных вероятностей $p(i_1,i_2,\ldots,i_n)$

Выполнение данного свойства позволяет представить $p(i_1,i_2,\ldots,i_n)$ в виде следующего соотношения

$$p\ i_1,i_2,\ldots,i_n = \frac{1}{N}\frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{i_1}}{i_1!}\frac{\left(\frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)^{i_2}}{i_2!}\ldots\frac{\left(\frac{\lambda_n}{\mu_n}\right)^{i_n}}{i_n!},\ i_1,i_2,\ldots,i_n \in S. \qquad (2)$$

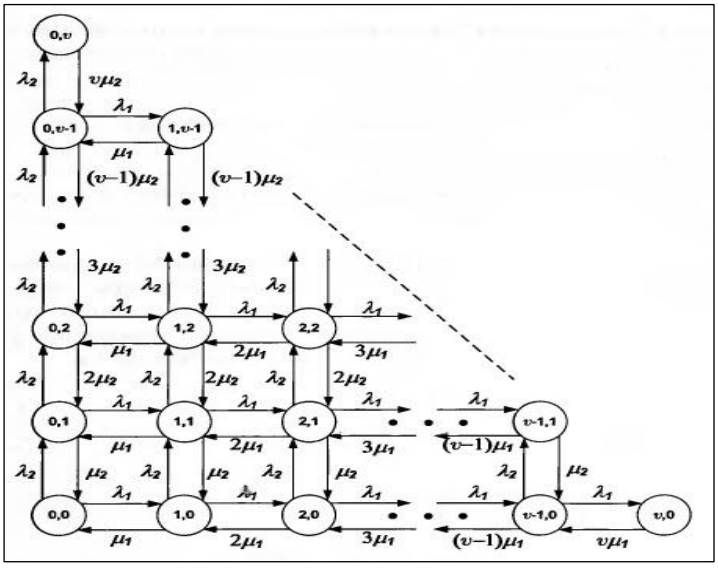


Рис.1. Пример пространства состояний и диаграмма переходов для базовой модели мультисервисной линии

В приведённом выражении символ N означает нормировочную константу. Она определяется из равенства

$$N = \sum_{i_1,i_2,\ldots,i_n \in S} \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{i_1}}{i_1!} \frac{\left(\frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{\left(\frac{\lambda_n}{\mu_n}\right)^{i_n}}{i_n!}$$

Свойство мультипликативности легко установить в ситуации, когда объём канального ресурса линии не ограничен, т.е. $\nu = \infty$. Действительно, в данном частном случае значение $\mathrm{i_k}\ \mathrm{t}$ числа заявок k-го потока, находящихся в момент времени t на обслуживании, описывается процессом рождения и гибели с интенсивностями рождения λ_k и гибели $i_k\mu_k, k = 1,2,\cdots,n$. В силу неограниченности ресурса линии все n процессов не зависят друг от друга. Для k-го потока стационарная вероятность $\mathrm{p_k\ i_k}$ нахождения $\mathrm{i_k}$ заявок на обслуживании определяется из равенства:

$$\mathrm{p_k(i_k)} = \mathrm{e}^{-\frac{\lambda_k}{\mu_k}} \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{\mathrm{i_k}}}{\mathrm{i_k!}}, \qquad \mathrm{i_k} = 0,1,\ldots., \quad \mathrm{k} = 1,2,\cdots,\mathrm{n}.$$

Для совместных вероятностей получаем следующее выражение:

$$p(i_1, i_2, \ldots, i_n) = e^{-\sum_{k=1}^{n} \frac{\lambda_k}{\mu_k}} \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^{i_1}}{i_1!} \frac{\left(\frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{\left(\frac{\lambda_n}{\mu_n}\right)^{i_n}}{i_n!} \qquad (3)$$
$$i_k = 0,1,\ldots, \qquad k = 1,2,\ldots,n.$$

Оно следует из независимости процессов обслуживания заявок отдельных потоков. Таким образом, в данном частном случае мы установили свойство мультипликативности для вероятностей совместного обслуживания заявок. Чтобы показать справедливость (2) в общем случае, заметим, что для модели с неограниченным канальным ресурсом процессы $\mathrm{i_k(t), k = 1,2,\ldots,n}$ независимы и обладают свойством обратимости. Обратимые Марковские процессы обладают рядом замечательных характеристик, важнейшей из которых является сохранение свойства обратимости и значений (с точностью до нормировки) стационарных вероятностей после выполнения некоторых видов урезания используемого пространства состояний. Процедура урезания связана с возможностью изменения характера переходов анализируемого обратимого процесса. Приведём запись этого утверждения. Для обратимого Марковского процесса $r(t)$, определённого на счётном пространстве состояний Ω и имеющего стационарное распределение $\pi\ j\ ,\ j \in \Omega$, совершим урезание используемого пространства состояний до размеров $\mathrm{S} \subset \Omega$. Далее переопределим процесс $r(t)$, положив равными нулю интенсивности перехода из состояний, принадлежащих множеству S, в состояния, принадлежащие множеству $\Omega\backslash\mathrm{S}$. Если построенный таким образом Марковский процесс $\mathrm{r*\ t}$ обладает свойством неприводимости на пространстве S, то процесс $\mathrm{r*\ t}$ будет также и обратим, а его стационарные вероятности $\pi*(\mathrm{j})$ определяются из соотношений:

$$\pi*(\mathrm{j}) = \frac{\pi(j)}{\sum_{s \in S} \pi\ s}, \quad \mathrm{j} \in \mathrm{S} \qquad (4)$$

Чтобы проверить наличие свойства неприводимости у Марковского процесса, использованного для описания анализируемой модели мультисервисной линии, достаточно проверить, что из произвольного состояния, принадлежащего пространству состояний S, можно попасть в любое другое состояние из множества S и обратно в результате поступления некоторого числа заявок и окончания их обслуживания. В рассматриваемом случае все условия сформулированного утверждения выполняются. Следовательно, для стационарных вероятностей модели мультисервисной линии с ограниченной скоростью передачи справедливы равенства (2), что и доказывает требуемый результат.

Свойство мультипликативности, а также используемая схема распределения канального ресурса дают возможность построить эффективные рекурсивные алгоритмы расчёта стационарных характеристик модели. Следует отметить, что свойство мультипликативности в форме (2) сохраняется и при изменении характера функции распределения времени обслуживания заявки *k*-го потока. Для этого достаточно потребовать, чтобы для всех заявок *k*-го потока вид функции распределения был одинаков, а времена обслуживания заявок не зависели бы друг от друга и от поступающих потоков. Доказательство данного утверждения осуществляется аппроксимацией произвольного распределения длительности обслуживания эрланговских распределений или распределений фазового типа, а для них справедливость соотношений (2) доказывается преобразованием системы уравнений равновесия.

Таким образом, расчётные алгоритмы, разработанные на основе (2), можно использовать и в ситуации, когда для заявки *k*-го потока время занятия канального ресурса на передачу информации имеет детерминированное распределение (т.е. постоянно), эрланговское распределение, распределение фазового типа. Устойчивость мультипликативного представления по отношению к функции распределения времени обслуживания заявки сохраняется и при некотором ослаблении ограничений на модель входного потока и структуру анализируемой сети связи. Для упрощения вида последующих выражений перейдём к записи интенсивностей поступающих заявок в Эрлангах, т.е. в числе заявок, поступающих за среднюю продолжительность обслуживания одной заявки, которая далее будет принята за единицу. Введём соответствующие обозначения

$$a_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \qquad (5)$$

Для исследуемой модели значение a_k задаёт интенсивность предложенного трафика *k*-го потока заявок. Соответствующая характеристика определяется как среднее число заявок *k*-го потока, находящихся на обслуживании в отсутствии потерь. Величина a_k определяет потенциальное число соединений для рассматриваемого потока заявок.

Таким образом, свойство мультипликативности (2) приобретает вид:

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n) = \frac{1}{N} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_n}^{i_n}}{i_n!}, \quad (i_1, i_2, \dots, i_n) \in S. \qquad (6)$$

$$N = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_n}^{i_n}}{i_n!}$$

Полученные выражения можно использовать для оценки π_k, m_k.

$$\pi_k = \frac{1}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in U_k} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_{1n}}^{i_n}}{i_n!} \qquad (7)$$

$$m_k = \frac{b_k}{N} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_n}^{i_n}}{i_n!} i_k$$

Соотношения (7) при $n = 1$ активно используются при проектировании сетей. Приведём соответствующие расчётные выражения. Пусть для простоты $b_1 = 1$. Поскольку поток заявок один, то здесь и далее при записи параметров и характеристик моносервисной модели не использовать нижний индекс для обозначения номера потока и примем $a = \frac{\lambda}{\mu}$. Получаем $S = (0,1,\dots,v)$, $U = (v)$. Выражения (7) приобретают вид:

$$\pi = \frac{1}{N} \frac{a^v}{v!} = \frac{\frac{a^v}{v!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + \cdots + \frac{a^v}{v!}}, \qquad (8)$$

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{v} \frac{a^i}{i!} i = a(1 - \pi)$$

Выражение для доли потерянных заявок π представляет собой формулу Эрланга [2]. Для записи π используется специальное обозначение E (v, a).

Аналитические выражения (2) и (6) обычно не применяются для вычислений, поскольку число неизвестных вероятностей $p\ i_1 i_2, \ldots, i_n$ быстро увеличивается, начиная со сравнительно небольших значений v и n. Примем для простоты, что $b_k = 1, k = 1,2, \ldots, n$. Тогда общее число состояний в пространстве S можно найти из выражения:

$$C\ {}^{m}_{v} = \frac{(v+1)(v+2)\cdots(v+n)}{n!} \approx \frac{e^n}{\sqrt{2\pi n}}\left(\frac{v}{n}\right)^n$$

оценка в правой части приведённого соотношения получена с использованием формулы Стирлинга, что при $n = 10, v = 100$ число состояний превосходит значение $2 \cdot 10^{13}$, а при $n = 10, v = 1000$ значение $2 \cdot 10^{23}$.

Тем не менее, наличие выражений (2) и (6) значительно упрощает процедуру расчёта введённых показателей качества обслуживания поступающих заявок.

Рекурсивный алгоритм. Эффективный алгоритм оценки $\pi_k, m_k, k = 1,2, \ldots, n$ основан на использовании значений вероятностей пребывания r(t) во множестве состояний, куда входят состояния $i_1 i_2, \ldots, i_n \in S$ удовлетворяющие условию:

$$i_1 b_1 + i_2 b_2 \cdots i_n b_n = i$$

Значение i меняется от 0 до v и показывает, сколько единиц ресурса мультисервисной линии используется всеми поступающими потоками заявок. Пространство состояний S можно представить как объединение всех взаимно непересекающихся подмножеств $S_i, i = 0, 1, \cdots, v$. Таким образом, получаем:

$$S = \ {}^{v}_{i=09} S_i \qquad (9)$$

Определим $p\ i$ из равенства:

$$p(i) = \sum_{(i_1, i_2, \ldots, i_n) \in S,} p\ i_1, i_2, \ldots, i_n\ , \quad i = 0, 1, \cdots, v.$$

Введённые показатели качества обслуживания заявок $k-$го потока могут быть найдены, если известны только значения $p\ i$.

$$\pi_k = \frac{1}{N} \sum_{(i_1, i_2, \ldots, i_n) \in U_k} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_{1n}}^{i_n}}{i_n!} =$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=v-b_k+1}^{v} \sum_{(i_1, i_2, \ldots, i_n) \in S_i} \frac{{a_1}^{i_1}}{i_1!} \frac{{a_2}^{i_2}}{i_2!} \cdots \frac{{a_{1n}}^{i_n}}{i_n!} = \sum_{i=v-b_k+1}^{v} p(i) \qquad (10)$$

Для оценки m_k можно использовать равенство:

$$m_k = a_k b_k (1 - \pi_k) \qquad (11)$$

Из равенств (10) и (11) следует, что для вычисления $\pi_k, m_k,$ достаточно знать величину вероятностей p(i), i = 0,1,…,v. Построим алгоритм оценки значений p i , i = 0,1,.., v, воспользовавшись для этого результатами [4]. В частности, покажем, что нормированные величины искомых вероятностей p i , i = 0,1,.., v связаны рекуррентными соотношениями следующего вида:

$$p(i) = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^{n} a_k b_k p(i - b_k) I(i - b_k \geq 0), \qquad i = 1, 2, \cdots, v, \qquad (12)$$

где I(•) — индикаторная функция. Отметим, что выражение (12) выполняются и для ненормированных значений $P(i)$.

Для доказательства (12) преобразуем ip i к виду:

$$\text{ip i} = \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \text{ip}(i_1,i_2,\dots,i_n) = \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i}\left(\sum_{k=1}^{n} b_k i_k\right)\text{p}(i_1,i_2,\dots,i_n) =$$

$$= \sum_{k=1}^{n} b_k \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S} \text{p}(i_1,i_2,\dots,i_n) i_k \quad (13)$$

Воспользовавшись мультипликативным представлением стационарных вероятностей (6), получим выражение для:

$$\sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \text{p}(i_1,i_2,\dots,i_n) i_k$$

через $p(i — bk)$,соответствующее выражение выглядит следующим образом:

$$\sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \text{p}(i_1,i_2,\dots,i_n) i_k = \frac{1}{N}\sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \frac{a_1{}^{i_1}}{i_1!}\frac{a_2{}^{i_2}}{i_2!}\cdots\frac{a_{1n}{}^{i_n}}{i_n!}\times i_k =$$

$$= \frac{a_k}{N}\sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \frac{a_1^{i_1}}{i_1!}\cdots\frac{a_k^{i_k-1}}{(i_k-1\,!)}\cdots\frac{a_n^{i_n}}{i_n!} I(i_k>0) =$$

$$= a_k \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} \text{p}(i_1,\dots,i_k-1,\dots,i_n) I(i_k>0) =$$

$$= a_k \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_{i-b_k}} \text{p}(i_1,i_2,\dots,i_n) I(i-b_k\geq 0) = a_k p(i-b_k) I(i-b_k\geq 0). \quad (14)$$

Подставив (14) в (13), получаем рекуррентную формулу (12).

Найдём выражение (11) для оценки m_k через значение доли потерянных заявок $k-$го потока. Для этого воспользуемся соотношениями (9), (14).

$$m_k = \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S} p(i_1,i_2,\dots,i_n) i_k b_k = \quad (15)$$

$$= b_k \sum_{i=0}^{v} \sum_{(i_1,i_2,\dots,i_n)\in S_i} p(i_1,i_2,\dots,i_n) i_k =$$

$$= a_k b_k \sum_{i=0}^{v} p(i-b_k) I(i-b_k\geq 0) =$$

$$= a_k b_k \sum_{i=0}^{v-b_k} p(i) = a_k b_k\left(1-\sum_{i=v-b_k+1}^{v} p(i)\right) = a_k b_k(1-\pi_k)$$

Используя соотношения (12), нетрудно выразить значения ненормированных вероятностей P i через ненормированное значение вероятностей какого-либо одного состояния, например, через $P(0)$. Далее после нормировки находятся вероятности $p(i), \text{i} = 0,1,\dots,\text{v}$, а с ними и величины характеристик $\pi_k, m_k, \text{k} = 1,2,\dots,\text{n}$. Перечислим шаги соответствующего рекурсивного алгоритма.

1. Положим значение $P(0) = 1$.
2. Выразим значения вероятностей $P(i), i = 1,2,\dots,v$ через $P(0)$, используя соотношение

$$P\ i = \frac{1}{i}\sum_{k=1}^{n} a_k b_k P(i-b_k) I(i-b_k\geq 0) \quad (16)$$

и последовательно увеличивая величину i, от 1 до v. При каждом фиксированном i значения выражений P(i— b_k)I(i— $\text{b}_\text{k} > 0$), $k = 1,2,\dots,n$, участвующих в записи правой части суммы (16), либо уже представлены через $P(0)$ (для i— $\text{b}_\text{k} \geq 0$), либо равны 0 (для i— $\text{b}_\text{k} < 0$).

Находим величину нормировочной константы:

$$N = \sum_{i=0}^{v} P(i)$$

Определяем нормированные значения вероятностей *p(i):*

$$p(i) = \frac{P(i)}{N}, \quad i = 0, 1, \dots \ , v.$$

Находим величину введённых показателей качества совместного обслуживания заявок для каждого из n анализируемых потоков:

$$\pi_k = \sum_{i=v-b_k+1}^{v} p(i), \qquad m_k = a_k b_k (1 - \pi_k), \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Вывод. Оценим вычислительную сложность реализации построенного алгоритма количеством выполненных арифметических операций.

Основные усилия тратятся на вычисление P i в соответствии с шагом 2. При этом выполняется O n арифметических операций.

Общее число операций, которые необходимо совершить для вычисления всех вероятностей, оценивается величиной O(nv).

Так как n — константа, то отсюда следует, что время счёта увеличивается линейно с ростом объёма канального ресурса линии.

Таким образом, для каждого из n потоков решена задача определения доли потерянных заявок, а также среднего значения канального ресурса линии, занятого на их обслуживание.

Поскольку появилось эффективное средство оценки показателей качества обслуживания заявок, то тем самым значительно упростилось проблема нахождения минимального объема канального ресурса линии, обеспечивающего заданные (нормированные) значения характеристик приема заявок на обслуживание.

Литература

1. Зимин И.В., Алымкулов С. А. Исследование модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Бишкек, 2013г.
2. Зимин И.В. Учебник: «Управление трафиком в сетях и системах телекоммуникаций» // Издательство «Алтын Принт», Бишкек 2012г.;
3. Степанов С.Н. Материалы курса лекций «Основы теории моделирования сетей и систем телекоммуникаций» // Московский технический университет связи и информатики, Москва, 2008г.
4. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Трафик мультисервисных сетей связи //Издательство «Радио и связь», Москва, 2000г.
5. Зимин И.В., Баянкина Е.В. Практическое применение задач управления сетевыми ресурсами в телекоммуникационных сетях // Журнал Проблемы автоматики и управления №2, Институт автоматики Национальной Академии наук КР, материалы международной конференции «Проблемы управления и информационных технологий», Кыргызстан Бишкек, 2010г. С. 31-35.
6. Зимин И.В.Методы теории массового обслуживания в задачах моделирования перспективных телекоммуникационных систем // ГОУ «Восточно - Сибирский государственный технологический университет» Материалы конференции часть 1 десятой Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и при-

кладные вопросы современных информационных технологий», Российская Федерация город Улан-Удэ, июль 2009г. С. 66-72
7. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // Издание ЭКОТРЕНДЗ, Москва, 2010г.;
8. Степанов С.Н.; Иверсин В.Б. Способы уменьшения объема вычислений при расчете моделей систем связей с потерями, основанные на игнорировании маловероятных состояний // Проблемы передачи информации. 2001. Том. 37. Выпуск. 3.;

УДК.: 006.039:621.397.132.5 (575.2)

СТАНДАРТЫ ЦНТВ: ВЫБОР ДЛЯ КЫРГЫЗСТАНА

Куцев Е. В., Урдалетова С.Б., Жумабаев М.Ж.
КГТУ им. И. Раззакова

В данной статье рассмотрены основные проблемы аналоговой телевизионной сети Кыргызстана и преимущества цифрового наземного телевизионного вещания. На основе сравнительного анализа цифровых стандартов наземного телевизионного вещания предлагается наиболее прогрессивный вариант для Кыргызстана.

In this article the main problems of an analog television network of Kyrgyzstan and advantage of a digital terrestrial television broadcasting are considered. On the basis of the comparative analysis of digital standards of a terrestrial television broadcasting the most progressive option for Kyrgyzstan is offered.

Существующая аналоговая сеть ТВ в Кыргызстане охватывает практически всю территорию республики, но развитие и доступность многопрограммного вещания для населения оставляет желать лучшего. Одной из основных причин данного факта является дефицит радиочастотного спектра для ТВ вещания. В результате происходит неравномерное распределение ТВ программ в различных населенных пунктах Кыргызстана: 1-2 ТВ программы в сельских районах и 12-15 ТВ программ в столице.

Переход на цифровое ТВ вещание способствует увеличению количества ТВ программ, т. к. в одном канале 8 МГц возможно передавать от 3 до 10 ТВ программ стандартной четкости и 1-2 ТВ программы высокой четкости, а также дополнительно передавать сигналы радиовещания и данные. Высвобожденные частоты можно использовать для увеличения числа ТВ программ (как платных, так и бесплатных), либо использовать для нужд других служб.

Еще одной немаловажной причиной перехода КР на цифровое ТВ вещание является тот факт, что в основном все страны мира переходят на цифровое ТВ вещание к июню 2015 года согласно плану «Женева-06».

Следующей причиной перехода на цифровое вещание является задача обеспечения максимальной помехоустойчивости при многолучевом приеме сигналов. При трансляции аналоговых ТВ сигналов по эфиру, на качество приема помимо атмосферных и индустриальных помех сильно влияют переотраженные радиоволны и помехи от других радиопередатчиков, работающих в этом же частотном диапазоне в соседних местностях.

Применение цифрового телевидения снижает влияние выше перечисленных помех и обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с аналоговым телевидением:

Повышение помехоустойчивости трактов передачи и записи телевизионных сигналов;

Уменьшение мощности передатчиков;

Существенное увеличение числа ТВ программ, передаваемых в том же частотном диапазоне;

Повышение качества изображения и звука в ТВ приёмниках;

Создание ТВ систем с новыми стандартами разложения изображения (телевидение высокой чёткости);

Расширение функциональных возможностей студийной аппаратуры;

Передача в ТВ сигнале различной дополнительной информации;

Создание интерактивных ТВ систем, при пользовании которыми зритель получает возможность воздействовать на передаваемую программу (например, видео по запросу);

Введение дополнительных функций, таких как выбор языка и субтитров, архив ТВ-передач и запись ТВ-передач и т.д.

В данной статье произведен сравнительный анализ основных стандартов цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) ISDB-T, ATSC, DTMB, DVB-T, DVB-T2.

ISDB-T (англ. *Integrated Service Digital Broadcasting*) — интегрированные услуги в цифровое телевещание - используется в Японии и странах Южной Америки (Бразилия), экспериментально на Филиппинах.

Данный стандарт использует полосу частот 6, 7 или 8 МГц. Применяется модификация схемы многочастотной модуляции с ортогональным частотным распределением (OFDM), которая допускает передачу цифрового потока в нескольких полосах частот и называется BST-OFDM (частотно-сегментированная передача по схеме OFDM).

В качестве первичной модуляции несущих используются DQPSK, QPSK, 16-QAM и 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования используется сверточное кодирование и код Рида-Соломона, число несущих 1405, 2809, 5617, длительность защитного интервала 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 от общей длительности кадра.

Одной из особенностей данного стандарта является возможность широкополосного или узкополосного приема.

Широкополосный прием используется в основном для телевизионного вещания и/или при передаче больших объемов данных, при этом используется несколько базовых сегментов.

Частичный прием является оригинальным свойством ISDB-T. При частичном приеме узкополосный приемник, выполненный по упрощенной схеме, рассчитан на прием только одного сегмента OFDM в полосе частот и может быть выполнен в носимом варианте для приема звуковых программ и/или телематической информации.

При частичном приеме абонент получает часть транспортного потока рассредоточенного по сегментам OFDM.

В результате вышесказанного можно сделать вывод, что узкополосный приемник может принимать некоторые службы из одного базового сегмента, а широкополосный – все службы из всех сегментов в данной полосе частот.

В зависимости от требований условий приема система ISDB-T может работать в 3 режимах:

Прием сигналов подвижными приемниками (мобильный прием);

Прием сигналов как подвижными, так и стационарными приемниками (комбинированный прием);

Прием сигналов стационарными приемниками одночастотных сетей (одночастотный фиксированный прием).

ATSC (Advanced Television Systems Committee) – Комитет передовых телевизионных систем - является основным на территории США, Канады, Мексики, Аргентины, Тайваня и Южной Кореи.

Полоса частот занимает 6, 7 или 8 МГц. В стандарте ATSC используется метод 8-уровневой модуляции с частичным подавлением боковой полосы частот и называется 8-VSB (Vestigal Side-Band). Для передачи используется 1 несущая частота.

Характерной особенностью стандарта является то, что для получения всего набора частот используется эталонная

частота 27 МГц. Также частота 27 МГц используется для получения цифровых отсчетов частоты длиной 42 бита, первые 33 битов которой являются базовыми эталонными метками времени, а следующие 9 бит – расширенными метками времени.

Выше названные метки времени используются в аудио- и видеокодерах для формирования меток времени отображения и декодирования, которые выполняют функцию синхронизации.

В стандарте ATSC используется кодирование с прямым исправлением ошибок путем введения избыточного кода Рида-Соломона, сигналов синхронизации и, затем, сверточное решетчатое кодирование сформированного группового сигнала и формирование модулированного сигнала 8-VSB.

Для повышения помехоустойчивости в кодирующем устройстве применяется внутрисегментное перемежение.

Еще одной особенностью является то, что процессы рандомизации и прямого исправления ошибок не применяются к синхробайту транспортного пакета, который при передаче представлен сигналом синхронизации сегмента данных.

Частоты в подсистемах кодирования источников и формирования передаваемого сигнала могут быть асинхронными. Для компенсации частотных сдвигов в транспортный поток вводятся специальные пустые пакеты (ноль-пакеты).

Транспортный кодер является мультиплексором системы 8-VSB ATSC, которая объединяет кодированные потоки источников информации и сервисной информации. На его выходе действует поток транспортных пакетов с частотой $f_{тр}$. К выходу транспортного кодера подключены устройства цикловой синхронизации, кодовой защиты и однополосной модуляции, входящие в состав подсистемы адаптации к каналу.

DTMB GB20600-2006 (англ. *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) – цифровое наземное мультимедийное вещание - стандарт ЦНТВ, разработанный Китаем.

Используется полоса частот 6, 7 и 8 МГц. В качестве первичной применяются методы модуляции 4-QAM-NR, 4-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования применяется код с низкой проверкой на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема, который является разновидностью кода Рида-Соломона.

В стандарте DTMB применяется модуляция OFDM, с числом ортогональных несущих 3780 (4k) или 1 несущая. Но в нем применена не частотная, а временная синхронизация, поэтому данный способ модуляции называется TDS-OFDM (Time Domain Synchronous-OFDM – OFDM с временной синхронизацией).

При проектировании данный стандарт был ориентирован на устойчивый мобильный прием на сотовый телефон и портативные приемники при движении со скоростью более 200 км/ч, что соответствует приему в автомобилях и поездах, благодаря тому, что допускается Допплеровский сдвиг частоты 110 Гц.

Еще одной особенностью стандарта является возможность построения одночастотных и многочастотных сетей, а также работа в каналах, смежных с аналоговым телевизионным вещанием.

В одночастотных и многочастотных сетях скорость передачи потоков лежит в пределах 4,81…32,486 Мбит/с, используются защитные интервалы 1/9, 1/6, 1/4. В качестве защитного интервала используется заголовок кадра.

Для повышения помехоустойчивости используются код с низкой плотностью проверок на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема.

Также немаловажным преимуществом является тот факт, что для стандарта DTMB Китай выпускает более дешевые демодуляторы и MPEG-декодеры.

DVB-T (англ. *Digital Video Broadcasting — Terrestrial*) — европейский стандарт эфирного (наземного) цифрового телевизионного вещания.

В системе DVB-T используется ортогональная частотная модуляция

(OFDM модуляция) совместно с помехоустойчивым канальным кодированием и многопротокольным кодированием MPE-FEC. Благодаря которой появляется возможность построения одночастотных сетей (SFN – Single Frequency Network), возможности обеспечения низкого требуемого отношения несущая/шум (C/N_{min}), высокой защиты от отраженных объектов и низкой чувствительности к эффекту Доплера (при приеме в движении). Что позволяет осуществлять прием телевизионных программ на мобильные и стационарные приемники, а также обеспечивает стойкость к многократным переотражениям при равенстве основного и отраженного сигналов за счет введения защитного интервала.

В канальном кодировании используется сверточное кодирование совместно с кодом Рида-Соломона. Помимо основных видов модуляции (QPSK, 16 QAM и 64 QAM) в стандарте DVB-T используется также иерархическая модуляция, позволяющая в потоке с высоким приоритетом передавать меньшее число программ и даже с более худшим качеством, но со значительным увеличением зоны покрытия, позволяя вести прием на комнатные антенны.

Для системы DVB-T предусмотрены два режима модуляции OFDM, называемые режимами 2k или 8k, для каждого из которых предусмотрены 4 варианта защитных интервалов, равные 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32 длительности рабочего интервала.

Общая ширина спектра группового сигнала при всех режимах модуляции равна 7,61 МГц для 8 МГц частотного канала, также используются частотные каналы шириной 6 и 7 МГц.

В DVB-T используется помехоустойчивое канальное кодирование с относительными скоростями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.

В результате канального кодирования информационная скорость цифрового потока уменьшается обратно пропорционально скорости кода.

Скорость передачи в системе DVB-T не зависит от режима модуляции (2К или 8К), так как при изменении режима модуляции с уменьшением числа поднесущих несущих одновременно увеличивается скорость передачи данных на каждой поднесущей и составляет максимум 19,9 Мбит/с..

Отношение сигнал/шум C/N_{min} DVB-T (12-18 dB), снижено по отношению с аналоговым вещанием (≥43 dB), что позволяет снижать мощность передатчика, при той же зоне обслуживания, за счет снижения отношения сигнал/шум C/N_{min}.

В стандарте DVB-T используется модель SISO (Single Ins-Single Outs-одна антенна на передачу, одна на прием).

Преимуществом DVB-T является возможность приема ТВ программ в случае наложения зон уверенного приема нескольких телецентров, работающих на одной частоте. Синхронизация телецентров происходит по эталону частот любого доступного спутника. Все передатчики передающие программы на одной несущей, должны передавать пакет программ сразу и идентично.

DVB-T2 – второе поколение стандарта DVB-T, который широко использует инфраструктуру DVB-T, разработан Великобританией и США.

В DVB-T2 используется метод модуляции OFDM с режимами lk, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k и относительными защитными интервалами 1/4, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128, которые по абсолютному значению не превышают значения защитных интервалов DVB-T, ширина полосы частот составляет 1.7, 5, 6, 7, 8, 10 МГц, первичная модуляция QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM.

В канальном кодировании используются эффективные коды LDPC (низкая плотность проверки на четность) совместно с кодом BCH (код Боуза-Чоудхури-Хоквингема).

Для противодействия импульсным помехам в DVB-T2 дополнительно вводится временное перемежение (различные компоненты информации перемежаются по оси времени с периодом около 70 мс). Благодаря этому информация, потерянная в один период времени, может быть вос-

становлена с использованием информации, передаваемой в другой период времени.

В DVB-T2 было введено вращающееся созвездие – после формирования сигнала OFDM производится вращение созвездия в комплексной плоскости для восстановления отсутствующей комплексной составляющей по имеющейся.

Изменения также коснулись системы пилот-сигналов – специально выделенных несущих в спектре OFDM для определения параметров канала передачи. В DVB-T2 введено 8 способов – PP1 – PP8 (PP –Pilot Pattern).

В стандарте DVB-T2 используется модель MISO (Multiple Ins-Single Outs-множество антенн на передачу, одна на прием).

Чтобы зарезервировать место для информации, которая может появиться в будущем и передаваться в COFDM, в DVB-T2 наравне с кадрами DVB-T2 вводятся кадры FEF (future extension frames – кадры перспективного расширения). Для этих кадров определена только структура заголовка, а содержимое не регламентируется.

В результате нововведений (по сравнению с DVB-T) достигнуты следующие преимущества:

увеличение на 30-70 % пропускной способности канала и улучшение характеристик одночастотной сети, благодаря введению MISO;

новые режимы FFT (количество несущих) позволяет увеличить емкость канала на 1-2%;

оптимальный выбор способа передачи пилот сигнала позволяет уменьшить объем передаваемой служебной информации на 1-2%;

применение новых значений защитных интервалов совместно с режимами FFT позволяет получить выигрыш 2-17% емкости канала и увеличить максимальное расстояние между передатчиками;

DVB-T2 даёт большую зону покрытия, чем DVB-T в 1,5 -1,8 раз.

DVB-T2 меньше зависит от типа канала связи, то есть меньше зон невидимости. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ

Характеристики	**DVB-T**	**DVB-T2**	**DTMB**	**ISDB-T**	**ATSC**
Полоса частот	6, 7, 8 МГц	1.7, 5, 6, 7, 8, 10 МГц	6, 7, 8 МГц	6, 7, 8 МГц	6, 7, 8 МГц
Помехоустойчивое кодирование	Сверточное кодирование 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 + Код Рида-Соломона	Код с низкой плотностью проверок на четность + код Боуза-Чоудхури-Хоквингема	Код с низкой плотностью проверок на четность + код Боуза-Чоудхури-Хоквингема	Сверточное кодирование 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 + Код Рида-Соломона	**Сверточное решетчатое кодирование** Trellis 2/3+ Код Рида-
Модуляция	QPSK, 16QAM. 64QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	4QAM, 4QAM-NR, 16QAM, 32QAM, 64QAM,	**DQPSK, QPSK, 16-QAM 64-QAM**	**8-VSB**
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128	1/9, 1/6, 1/4	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	___
Размер FFT (число несущих)	2к, 8к	lk, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k	4k, (1)	(1405, 2809, 5617)	(1)

Несмотря на то, что стандарт DVB-T используется как пилотный проект на юге Кыргызстана, данный стандарт не является предпочтительным. На основе характеристик можно сделать вывод, что стандарты ЦНТВ DVB-T, ATSC, ISDB-T являются относительно неэффективными и не могут конкурировать со стандартами DVB-T2 и DTMB.

Из сравнения стандартов DVB-T2 и DTMB следует, что оба стандарта имеют схожие характеристики: кодирование

сигнала, модуляцию, полосу частот, но стандарт DVB-T2 является более гибким, чем стандарт DTMB, поскольку используется больше вариантов длительности защитного интервала, более улучшенный режим модуляции (256-QAM), возможность большего выбора режимов FFT и тем самым более адаптирован для телевизионного вещания в горной местности.

Также одной из важных особенностей стандарта DVB-T2 является применение полосы частот 1,7 МГц, в которой можно передавать 2-3 программы стандартной четкости. Такая полосы частот может быть использован для местных вещателей. В то время, как DTMB изначально был ориентирован в основном на мобильный прием (на сотовый телефон) и портативные приемники, которые находятся в движении со скоростью до 200 км/ч., что применительно для Кыргызстана не является необходимым условием.

На основе сравнительного анализа следует, что наиболее предпочтительный вариант для Кыргызстана является стандарт DVB-T2.

Литература

1. Гельгор А.Л., Попов Е.А. Система цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T, Санкт-Петербург 2011;
2. Локшин Б. А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю. — М., 2000 г.;
3. Серов В. А. . Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010;
4. Хлебородов В.. Олимпиада-2008, Китай и его технологические возможности // «625», № 8, 2009;
5. Государственная программа перехода на цифровое вещание в Кыргызской Республике (проект), Бишкек 2010;
6. Маковеенко Д. Внедрение стандарта цифрового телевизионного вещания DVB-T2 в Кыргызстане. ВЕЩАНИЕ.KG №2, 2011;
7. Кривошеев М., Федунин В. Система цифрового наземного ТВ-вещания DTMB. ТЕЛЕ-СПУТНИК, апрель 2010;
8. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание основы, методы, системы, Москва 2001 г.
9. B21C DVB-T2 Network planning;
10. DVB Document A133, February 2012;
11. White Paper on Latest Development of Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB) Technologies Chung-yen Ong Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute (ASTRI), August 6, 2009.

УДК:62-519:696.6

ДИСТАНЦИОННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Мырзаканова Р.А., Сатаркулов К., Туктаров В.
КГТУ им. И. Раззакова

Рассматриваются вопросы дистанционного диагностирования изоляции и подстанционного оборудования напряжением 6 – 35 кВ.

Questions of remote diagnosing of isolation and the substation equipment of 6 - 35 kV are considered.

Введение. Современной электроэнергетической отрасли Кыргызстана, требуются отечественные разработки устройств дистанционной диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением, способствующее продлению срока службы или продолжительности безаварийной работы силового электрооборудования, так как аналогичные зарубежные разработки чрезмерно дороги.

Целью работы является разработка отечественной системы (рис.1) дистанционного бесконтактного диагностирования (СДБД) состояния: – высоковольтной изоляции по характеристикам высокочастотных электромагнитных излучений от тока разряда при разрядных процессах в изоляции [1]; – опорного изолятора по характеристике акустического сигнала [2] излучаемой с его поверхности.

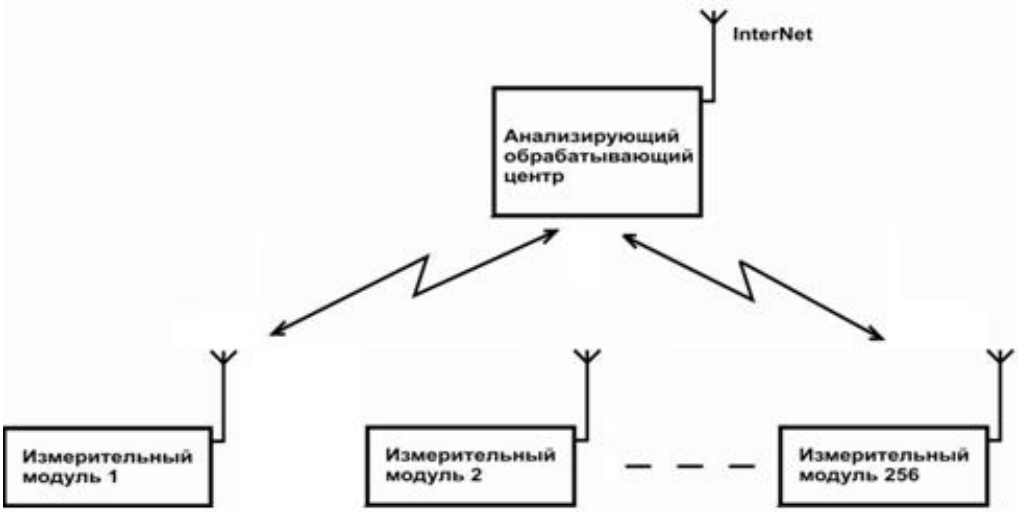


Рис. 1. Двухуровневая диагностическая система

Описание системы. Разработанная СДБД (рис. 1) представляет собой двухуровневый современный программно – технические комплекс, состоящий из ряда измерительных модулей («интеллектуальный датчик»), устанавливаемых в непосредственной близости от анализируемых объектов (второй уровень, рис.2) и удаленного анализирующего, обрабатывающего центра (первый уровень, рис.3). В состав каждого измерительного модуля входит: конденсаторный микрофон – приемник акустических сигналов; усилитель акустических сигналов – операционный усилитель LM358; аналого-цифровой преобразователь с последовательным выходом – микросхема MAX157; ферритовая антенна – приемник радиочастотных сигналов; усилитель радиочастотных сигналов – быстродействующий операционный усилитель AD8091; устройство выборки/хранения – быстрый ключ КР580КН8 и операционный усилитель LM355; аналого-цифровой преобразователь с последовательным выходом – микросхема MAX157; формирователь сигналов стробоскопа – программируемая логика EPM7064SLC44-10 корпус PLCC44; кварцевый генератор 100 МГц – гибридная микросхема QMM100MHz; управляющий встроенный микропроцессор Atmega128-16AU; кварцевый генератор 16 МГц – гибридная микросхема QMM16MHz; приемник сигналов обмена с анализирующего обрабатывающего центра – гибридная микросхема RR6; приемная антенна; передатчик сигналов обмена на анализирующий обрабатывающий центр - гибридная микросхема RT6; передающая антенна; резисторы и конденсаторы в Chip исполнении; DC/DC преобразователь напряжения с аккумулятора 12В в напряжение питания схемы 5В NSD10-12D5; свинцовый аккумулятор 12В7Ач.

«Интеллектуальные датчики» (датчики, преобразователи и контроллеры) являются основой всей системы, которые измеряют сигналы и преобразуют их в цифровую форму, обеспечивают локальную обработку данных, передают данные по каналам связи в центральную ЭВМ. В передаваемых информациях содержатся и географические адреса контролируемых объектов.

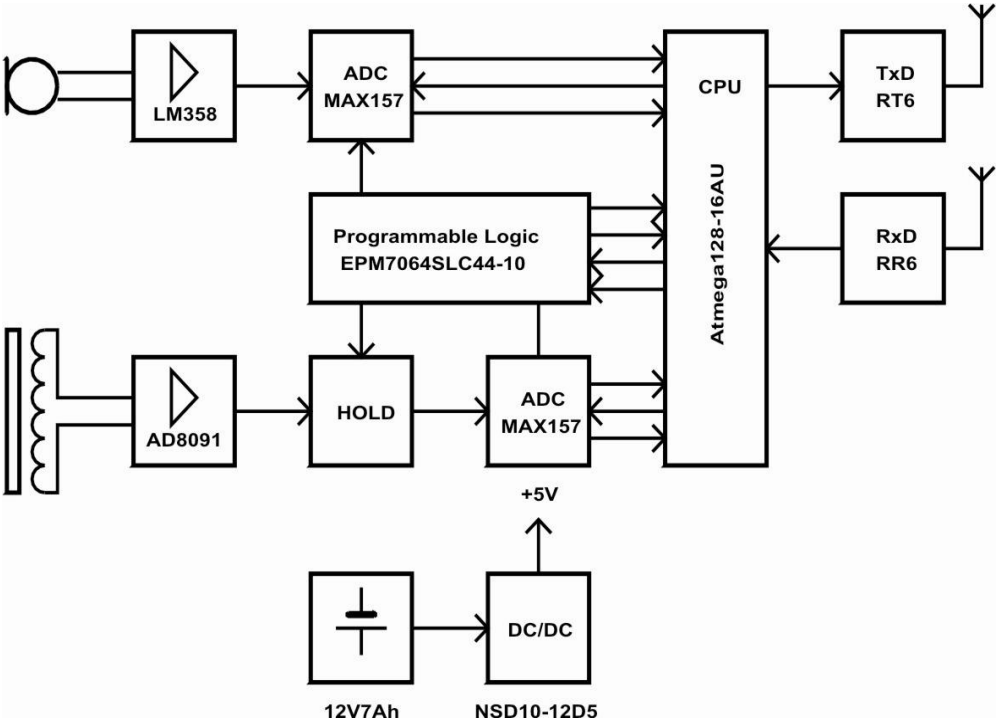


Рис. 2. Измерительный модуль («интеллектуальный датчик»)

Компьютер вместе с установленным на нем специализированным программным обеспечением (рис.3) являются вершиной диагностической системы. Он обеспечивает сбор данных и их представление в удобном для человека виде, являются пультом управления диагностической системы. В его состав входят: персональный компьютер типа Pentium IV; приемник сигналов обмена с анализирующего обрабатывающего центра – гибридная микросхема RR6, приемная антенна; передатчик сигналов обмена на анализирующий обрабатывающий центр - гибридная микросхема RT6; передающая антенна; GSM модем для выхода в сеть InterNet.

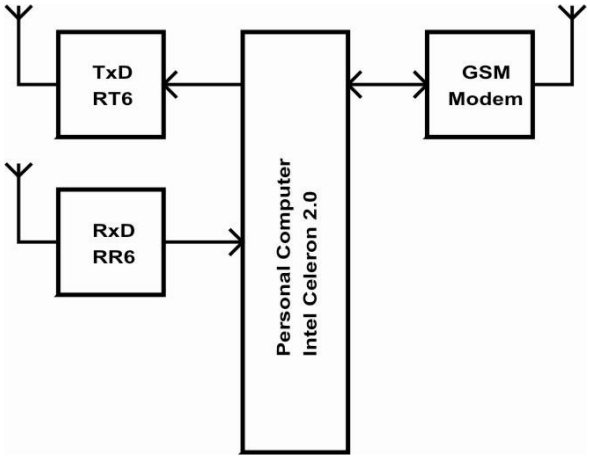


Рис. 3. Анализирующий обрабатывающий центр

Работа системы и обсуждение: каждый час (период времени опроса задается оператором) система производит запрос поочередно / последовательно на каждый модуль на получение информации о текущем состоянии акустического

и радиочастотного каналов измерения; каждый измерительный модуль в соответствии с запросом проводит поочередно аналого/цифровое преобразование 1024 значений по каждому каналу (звуковому и радиочастотному) и осуществляет передачу измеренных значений в обрабатывающий центр; обрабатывающий центр принимает измеренные значения и осуществляет запись полученной информации в базу данных и его программное обеспечение осуществляет ViewLet (или Furie) преобразование полученной информации и строит амплитудно–частотную характеристику по акустическому и радиочастотному каналу. Для лучшего понимания потребности вейвлет – преобразовании вспомним возможности преобразование Фурье (ПФ), который является сегодня наиболее распространенным методом анализа сигналов, применяемым в алгоритмическом обеспечении решения различных научно – технических задач, в том числе электроэнергетических. ПФ дает частотную информацию, содержащуюся в сигнале. Однако в какой момент времени возникла та или иная частота, когда она закончилась – на эти вопросы ответ получить не удается. Поэтому, ПФ непригодно для анализа нестационарных сигналов, за одним исключением; ПФ может использоваться для анализа нестационарных сигналов, если нас интересует лишь частотная информация, а время существования спектральных составляющих неважно. В противном случае надо искать более подходящий метод анализа. Вейвлет – преобразование и относится как раз к этому типу преобразований [3].

Выводы. Так как обрабатывающий центр имеет возможность сравнение полученных амплитудно-частотных характеристик с эталонными, хранящимися в базе данных и в случае существенных отличий дает предупреждающий сигнал оператору о несоответствии в результате чего имеется возможность по итогам визуального анализа делает заключение о необходимости проведения регламентно–ремонтных работ.

Литература

1. Киншт Н.В. и др. Техническая диагностика и мониторинг мощных энергетических установок по полям их излучений // Автометрия. – 2003. – № 6. – С. 86 – 97.
2. Калявин В.П., Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика элементов электроустановок: Учебное пособие. – Спб.: Элмор, 2009. – 336 с.
3. Соленцов Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. - М.: ДМК Пресс, 2005. –304 с., ил.

УДК 006.73:005.6:629.064.5

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Такырбашев Б.К.,
КГТУ им. И.Раззакова

Рассматриваются показатели качества управления в ЭЭС, которые определяют работоспособность управляющих устройств (УУ), особенно при переходных процессах, обеспечивает управляющее устройство устойчивости объекта управления.

Описываются различные критерии качества управления. Анализируются особенности и недостатки различных критериев.

Indicators of quality of management in EPS which define operability of the actuation devices (AD) are considered, especially at transients, provides the actuation device of stability of object of management.

Various criteria of quality of management are described. Features and shortcomings of various criteria are analyzed.

Введение. Цель управления – это достижение экстремума некоторой величины критерия оптимальности.

В зависимости от требований получения максимума, либо минимума величины критерия.

В общем случае критерий оптимальности зависит от задающего воздействия и от выходной величины, а также может зависеть от времени и управляющего возмущающего воздействия.

Если применить критерии управления в зависимости от конкретного воздействия, которое может привести к ухудшению управления в целом, поэтому в литературе широко распространен обобщенный интегральный критерий.

Обобщенный интегральный критерии представляет собой функционал в виде квадратичной формы интеграла

$$I_v = \int_0^\infty V dt (1), \qquad (1)$$

где V – квадратичная форма функции, зависящей от переходных составляющих координатных систем.

Здесь мы получаем быстрый и плавный переходный процесс без резких колебаний.

Критерий (1) служит для оценки переходного процесса x_d (t), а для оценки $x_S^{/}$ (t) установившегося процесса применяется другой критерий.

Одновременно достичь экстремума для 2-х и более функций нельзя.

Поэтому для обеспечения максимальной области устойчивости энергосистем можно использовать много критериев оптимальности. Ко многим критериям относятся: максимальное быстродействие, минимум интеграла квадрата отклонения напряжения, минимум отклонения угла δ и др.

В энергосистеме немаловажную роль устойчивости играет после завершения переходного процесса, последействующие явления, которые могут нарушить работу энергосистемы (перегрузки элементов, срабатывание УРЗА и др.). Поэтому возникает необходимость в установлении новых критериев управления.

В многомашинной энергосистеме возникает ряд неблагоприятных факторов, которые соответствуют переходному процессу после большего возмущения [1,2]. К этим неблагоприятным факторам относятся: увеличение углов расхождения роторов синхронных машин, появление длительных незатухающих качаний роторов, значительные отклонения частоты энергосистемы от номинального значения.

В результате действия этих факторов увеличивается вероятность каскадной аварии в энергосистеме.

Качество автоматической системы управления определяется совокупностью свойств, обеспечивающих эффективное функционирование как самого объекта управления, так и управляющего устройства.

Свойства, составляющие эту совокупность и имеющие количественные измерители, называются критериями (показателями) качества управления.

Для анализа качества управления могут быть использованы прямые и косвенные методы оценки.

Прямые методы определения качества дают наиболее достоверную информацию с последующим определением показателей качества.

Выбор критериев качества управления отражающего динамические свойства системы является трудной самостоятельной задачей, которая имеет неоднозначные решения.

В инженерной практике используются интегральные критерии качества управления и критерии допустимого качества профессора В.В. Солодовникова.

Постановка задачи. Во время переходного процесса напряжение U(t) не должна понижаться до величины опасных с точки зрения устойчивости генератора.

Поэтому оценка проводит относительно номинального напряжения генератора определяя среднеквадратичные отклонения от оптимального напряжения и номинальной частоты.

$$I_4 = \int_0^{\infty} \left[\frac{U(t) - U_0}{u_0} \right]^2 \cdot dt \qquad (2)$$

для отклонения напряжения

$$I_5 = \int_0^{\infty} \left[\frac{\varpi(t) - \varpi_0}{\varpi_0} \right]^2 \cdot dt \qquad (3)$$

для отклонения частоты.

Для сохранения устойчивости углов сдвига роторов синхронных машин δ_{ji} при качаниях не должны превышать критического значения $\delta_{ji\ Крит.}$

Управляющее воздействие U должны обеспечивать $\delta_{ji\max}(U) \le \delta_{ji}(U)_{крит.}$

где $\delta_{ji\max}(U)$ - наибольший взаимный угол сдвига роторов двух синхронных машин при заданном векторе управления.

Невыполнение условия ограничения приводит к нарушению синхронной динамической устойчивости $\Delta\delta_{\max}(U_{опт}) \le \Delta\delta_{\max}(U)_{.} \in F(\Delta\delta(U))$

Для получения наибольшей области устойчивости оптимальное управление переходным процессом должно обеспечивать минимальные отклонения углов от значений в синхронном установившемся послеаварийном режиме $\Delta\delta_{\max}(U) = \delta_{\max}(U - \delta^{(0)}(U))$,

где $\delta^{(0)}$ - угол послеаварийного режима.

При оценке качества переходного процесса в энергосистеме надо учитывать влияние элемента на режим всей энергосистемы. Поэтому качество переходного процесса в энергосистеме необходимо характеризовать не одним критерием, а комплексным критерием, отражающим группу влияющих факторов.

Влияние факторов должно учитываться не только непосредственно в переходном процессе, но и в послеаварийном режиме.

Методы исследования и пути решения

1. Критерии Веникова В.А.

В общем виде комплексный критерий можно записать так

$$П_{\sum} = \sum_1^n K_i П_i + \sum_1^i K_e П_e \qquad (4)$$

$К_i$ – весовой коэффициент, отражающий значимость данного параметра в общем процессе.

$П_i$ – показатель качества параметра режима (напряжения, частоты, угла и т.п.) данного переходного процесса.

$К_e$ – весовой коэффициент, учитывающий вероятность появления последействия.

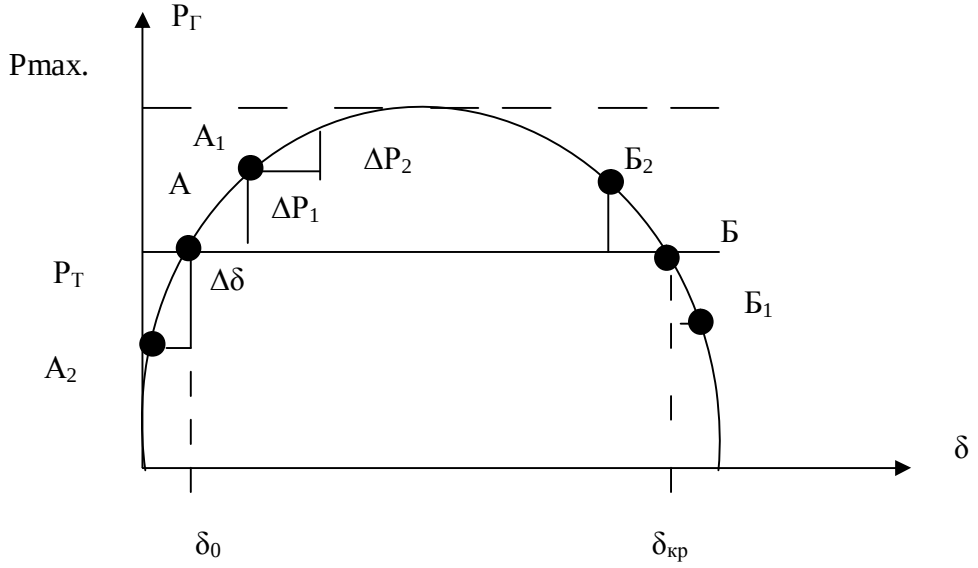
$П_e$ – показатель качества параметров процессов, развивающейся цепочки событий, который может вызывать данный переходный процесс.

$$П_e = -\frac{1}{T} \int_0^T (\Delta x_i)^2 \cdot dt \qquad (5)$$

Т – время установления режима.

Δx_i - отклонения параметра режима от заданного.

Вследствие нелинейности угловой характеристики мощности синхронных машин (генераторов) одно и то же отклонение угла $\Delta\delta$ при разных исходных режимах и отклонения мощности ΔP будут разные. При малом изменении угла на $\Delta\delta$ от первоначального приведет к уменьшению частоты вращения генератора и уменьшению угла, а при $P_Г \angle P_T$ угол увеличивается от точки А (установившийся режим).



В точке А угол δ_0 $P_г = P_Т$

В точке $А_1$ угол $\delta_0 + \Delta\delta$ $P_г > P_Т$ } это режим устойчивый

В точке $А_2$ угол $\delta_0 - \Delta\delta$ $P_г < P_Т$

В точке Б угол $\delta_{кр}$ $P_г = P_Т$

В точке $Б_1$ угол $\delta_{кр} + \Delta\delta$ $P_г < P_Т$ угол будет увеличиваться } это режим неустойчивый

Одним из показателей степени устойчивости по угловой характеристике мощности считается $\frac{dP}{d\delta} или \frac{\Delta P}{\Delta\delta}$ синхронизирующая мощности. [3]

При приближении к пределу ($P_Г = P_{max}$ $\delta = \delta_{кр}$) – синхронизирующая мощность уменьшается, при достижении мощности генератора к максимуму синхронизирующая мощность $\frac{dP}{d\delta} = 0$ будет равно 0.

2. Универсальный критерий нелинейного ОУ

Одинаковые настройки системы управления возбуждения как малых, так и больших отклонений являются противоречивыми. Исходя из этого, управление напряжением возбуждения синхронного генератора приводит к необходимости оптимизации системы управления по переменным фазовым пространствам.

Учитывая вышеизложенное, профессор А.А. Колесников предлагает использовать сопровождающий функционал вида $I_{\sum} = \int_0^{\infty} F(\psi, \dot{\psi})dt$, где $F(\psi, \dot{\psi})$ - непрерывно дифференцируемая по своим аргументам определенно положительная функция $\psi(x_1 ..... x_n)$ - агрегированная макропеременная.

Желательно такому функционалу иметь переменную в пространстве состояний структуру, для того, чтобы полнее определить требования к показателям систем в режимах малых и больших отклонений, т.е. в известной мере был бы близок к универсальной схеме компромисса

$$F(\psi, \dot{\psi}) = m^2\varphi^2(\psi) + c^2\dot{\psi}^2(t) \quad (6)$$

$$I_{\sum} = \int_0^{\infty} \left[m^2 \varphi^2(\psi) + c^2 \dot{\psi}^2(t) \right] dt \quad (7)$$

Функция $\varphi(\psi)$ должна удовлетворять следующим условиям:

а) однозначности, непрерывности, дифференцируемости при всех значениях (ψ).

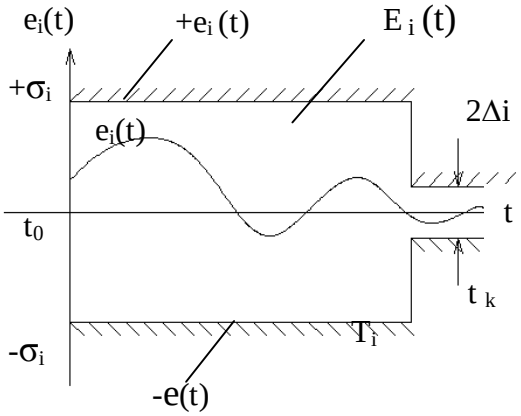
б) $\varphi\ (0) = 0$

в) $\varphi\ (\psi) \quad \psi \rangle 0$ при любых $\psi \neq 0$.

3. Критерий допустимого качества или прямой критерий качества управления

Прямые показатели качества: [5]

Основная идея критерия допустимого качества профессора В.В. Солодовникова состоит в том, что для каждой компоненты вектора e (t) по заданным инженерным требованиям к быстродействию и точности проектируемой системы определяется следующими допустимыми областями (рис. 1).



t_k –конечное время затухания переходного процесса

ei(t) E i (t)

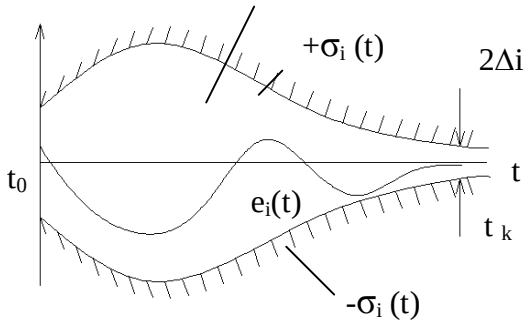


Рис. 1. Иллюстрация концепции допустимости переходных процессов

$$E_i(t) = e_i(t) \in R^1 : \left| e_i(t) \right| \le e_i^+(t) \ \} \quad i = \overline{1, N} \ (8)$$

где положительная функция $e_i^*(t)$ - задает границу допустимых областей для переходной функции $e_i(t)$, которые определяются значениями допустимых ошибок управления в динамическом σ_i^* и в статическом Δ_I режимах, а также временем регулирования T_i^* по каждой управляемой переменной.

Исходные инженерные требования к проектируемой САУ, т.е. желаемое качество процесса управления задаются следующими векторами

$$\Pi_i \left[T_i^*, \sigma_i^*, \Delta_i \right] \ i = \overline{1, N} \quad (9)$$

Для упрощения синтеза ступенчатой функции $e_i\ (t)$ аппроксимируется гладкими положительными функциями +σi(t).

Для решения зада управления используется теорема в рамках принципа гарантируемой динамики. [7]

ТЕОРЕМА. Пусть $\left| e_i(t_0) \right| \le \sigma_i(t_0) \ \ i = \overline{1, N}$ (10)

При t > t_0 невязки $e_i(t\ )$ удовлетворяло условию $\left| e_i(t_\rangle) \right| \le \sigma_i(t\ )$ (11)

Достаточно выполнения соотношений [7]

$$\int_{t_0}^{t} e_i(t) \cdot e_i(t) \cdot dt \le \int_{t_0}^{t} \sigma_i(t) \cdot \sigma_i(t) \cdot dt$$

$$t \in \left[t_0, t_k \right] \qquad i = \overline{1, N} \quad (12)$$

Функциональное неравенство (12) является критериальным ограничением, которое определяет достижения требуемого качества уравнения. Они связывают динамические режимы с инженерными пока-

зателями качества, это дает возможность использовать для построения методы и алгоритмы синтеза системы управления многомерными объектами энергосистем.

Заключение. Критерии качества управления ЭЭС считаются многокритериальными. Особенно нужно отметить, что после аварийного процесса возникают собственные низкочастотные колебания с периодом 5-6 сек. Поэтому при синтезе управляющего устройства необходимо учитывать и этот критерий. Наиболее подходящим критерием качества управления является критерий профессора Солодовникова В.В., который позволяет получать более реальные результаты.

Литература

1. Веников В.А. Управление переходными режимами энергосистемы. - М.: Высшая школа, 1982.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М., Высшая школа, 1978.
3. Фуад А., Андерсон П. Управление энергосистемами и устойчивостью энергии. 1980.
4. Гуревич Ю.Е. и др. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. - М.: Энергоатомиздат, 1990.

УДК.: 621.951.45.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК МАКСИМУМА И ПЕРЕГИБА СТОЙКОСТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Рагрин Н.А.
КГТУ им.И.Раззакова
n_ragrin@mail.ru

Предложен способ определения координат точек максимума и перегиба зависимости стойкости быстрорежущих спиральных сверл от скорости резания при обработке углеродистых конструкционных сталей

The way of determination of coordinates of points of a maximum and excess of dependence of firmness of fast-cutting spiral drills from speed of cutting is offered when processing carbonaceous constructional staly.

На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8 % от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%). Поэтому большое значение имеет определение стойкости сверл при выбранной скорости резания.

Связь между скоростью резания и периодом стойкости может быть выражена немонотонной экстремальной кривой с одним или двумя перегибами [1]. На рис.1 представлена зависимость стойкости быстрорежущих спиральных сверл, диаметром 10,2 мм от скорости резания [2].

Известно, что математическая обработка результатов лабораторных исследований сводится к применению методов аппроксимации для вывода функциональных зависимостей двух переменных полученных посредством однофакторного эксперимента, например стойкости T и скорости резания V, $T = f(V)$. Известные функциональные зависимости скорости резания и стойкости инструмента получены посредством аппроксимации нисходящей ветви графика этой зависимости для скоростей резания больших точки перегиба в пределах нормативного периода стойкости [3]. При этом точное определение точки перегиба имеет важное значение, т.к. она ограничивает об-

ласть применения аппроксимированной зависимости, в данном случае минимальную скорость резания.

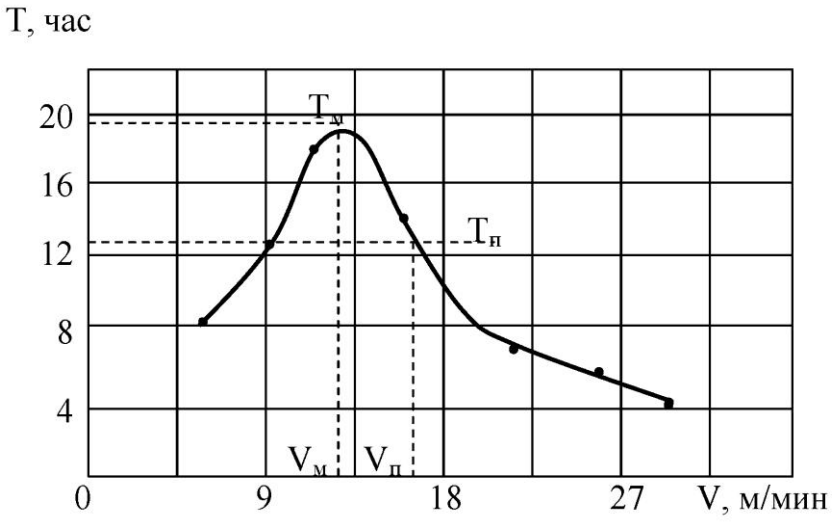


Рис.1. График зависимости стойкости от скорости резания, где скорости резания, обозначенные точками, равны: 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30 м/мин

Правильное определение точки максимума также имеет немаловажное значение т.к. скорость точки максимума определяет максимальную стойкость инструментов, и именно эти скорости резания находят повсеместное применение в автоматизированном массовом производстве [4].

Известен [3] аналитический способ определения точек максимума и перегиба графика зависимости стойкости от скорости резания заключающийся в том, что предварительно проводится аппроксимация кривой зависимости T =f(V) посредством уравнения вида:

$$T = C_T V^b e^{-CV}. \quad (1)$$

Числовые значения скорости точки максимума $V_м$ и $V_п$ определяются по формулам $V_м = -b/c$ и $V_п = -(b + \sqrt{b})/c$, где $V_м$ – скорость резания точки максимума, $V_п$ – скорость резания точки перегиба.

Коэффициенты b и c определяются посредством последовательного решения системы из трех логарифмических уравнений для трех точек кривой стойкостной зависимости в области ее экстремума

$$b = \frac{(V_2 - V_1)\ \ln T_3 - \ln T_1\ + V_1 - V_3\ \ln T_2 - \ln T_1}{\ln V_2 - \ln V_1\ \ V_1 - V_3\ + (V_2 - V_1)\ \ln V_3 - \ln V_1},$$

$$c = \frac{b\ \ln V_2 - \ln V_1\ - \ln T_2 - \ln T_1}{(V_2 - V_1)}.$$

Коэффициент C_T находят из уравнения

$$C_T = \frac{T_{факт}}{V^b e^{-CV}}$$

подставляя в него значения стойкостей, использованные для вычисления коэффициентов b и c, и вычислив среднее их трех полученных значений. В результате определения коэффициентов получена следующая зависимость

$$T = e^{-8,86} V^{7,6} e^{-0,59V}. \quad (2)$$

В табл.1 представлены фактические и рассчитанные по формуле (2) значения стойкости, и погрешность расчетов.

Таблица 1

Фактическая и рассчитанная стойкость

Скорость резания V м/мин	9	12	16
Фактическая стойкость $T_{факт.}$, час	12	18	15
Рассчитанная стойкость $T_{расч.}$, час	12,54	19,02	15,99
Погрешность расчетов, %	4,5	5,55	6,5

Как видно из представленной таблицы погрешность расчетов не превысила 6,5%, т.е. полученная зависимость с достаточной точностью описывает стойкостную зависимость.

Вычисленные с помощью представленных уравнений координаты точек максимума и перегиба соответственно равны $V_м$ = 12,78 м/мин, $T_м$ = 19,37 час, $V_п$ =17,5 м/мин, $T_п$ = 13,04. Вычисленные значения скоростей и стойкостей в точках максимума и перегиба помещены на рис.1. Как видно из представленного рисунка рассчитанные значения не совпадают с фактическими. Т.е. предложенный в работе [3] способ определения координат точек максимума и перегиба имеет два существенных недостатка: большая трудоемкость расчетов и низкая точность.

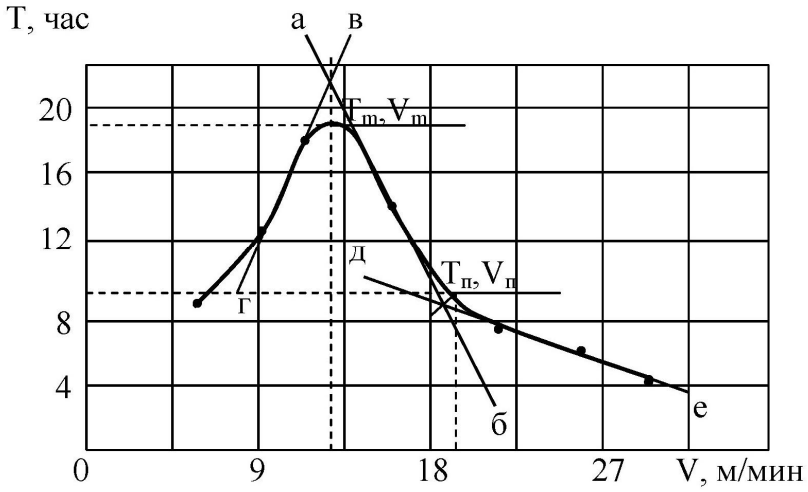


Рис.2. Графический способ определения координат точек максимума и перегиба

Предлагается графический способ определения координат точек максимума и перегиба, представленный на рис.2. Реализация способа заключается в построении двух касательных прямых линий к двум частям кривой графика зависимости двух переменных до их пересечения. Из точки пересечения опускается перпендикуляр на кривую графика, который определяет искомую точку. Для определения точки максимума касательные линия строятся к верхним частям левой и правой ветви графика – линии ав и вг рис.2. для определения точки перегиба касательные линии строятся к верхней и нижней частям одной ветви графика, например линии ав и де рис.2.

Предлагаемый способ легок в исполнении и более точен по сравнению с аналитическим способом. Полученные посредством предлагаемого способа значения координат точек максимума и перегиба, соответственно равны: $V_м$ = 13,125 м/мин, $T_м$ = 18,8 час, $V_п$ = 19,5 м/мин, $T_п$ = 9,0 час.

Выводы. Аналитический способ определения координат точек максимума

и перегиба обладает двумя существенными недостатками: низкой точностью и большой трудоемкостью расчетов.

Графический способ отличается от аналитического простотой исполнения и высокой точностью.

Литература

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Рагрин Н.А. Физическая модель стойкостной зависимости. // Технология Машиностроения. – 2012. - № 11. - С. 11 – 17.
3. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Высшая школа, 1985. - 304 с.
4. Древаль А.Е. Рагрин Н.А. Самсонов В.А. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание// МГТУ им. Баумана. – Москва. №10. 2011.

УДК: 330.111.42 (575.2)

РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО, СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА ДО XII В.

Орузбаева Г.Т.
КГТУ им. И. Раззакова,
Касымова М.Т.
КРСУ им. Б. Ельцина

Рассматриваются основные этапы развития керамического, металлического производств, а также стеклоделия и строительства на территории Кыргызстана до XII в.

It is considered the main stages of the development of ceramic, metal industries, as well as glass-making and construction on the territory of Kyrgyzstan to the XII century.

Наиболее ранние археологические находки на территории Кыргызстана относятся ко II тысячелетию до нашей эры. На XII в.н.э. приходится расцвет развития производств у древних кыргызов. Об этом свидетельствуют архитектурные сооружения того времени, мосты, дороги, сложные оросительные системы и многие другие достижения, которыми были богаты в древности кыргызы . Начиная с XIII в.н.э. археологические материалы встречаются все реже. Это объясняется нашествием монголов, когда под игом Чингисхана погибли многие ремесла в момент самого высокого его развития [1]. Впоследствии многие производства затем возродились, но не вернулись к своему блистательному этапу X-XII в.в., поэтому в данной работе излагается история развития основных производств, начиная со II тыс. до н.э. и до XII в.н.э., на территории Кыргызстана, который следует воспринимать не только как обычное географическое понятие, но и как историко-культурный феномен во всемирной истории и культуре.

Исторический подход к вопросам развития техники позволяет выявить особенности их формирования и основные тенденции развития, обобщить научные исследования археологов и историков, проследить развитие техники и технологии основных производств, связать историю с настоящим и выработать рекомендации на будущее, так как известно, что старые технологические приемы с использованием современной техники получают нередко новое и неожиданное выражение.

Наиболее массовым и в то же время датирующим материалом является керамика. Выявлено, что керамическая посуда вначале изготовлялась на корзиноч-

ной основе, так как плетеные сосуды предшествовали глиняным [2]. Со временем процесс изготовления керамической посуды усовершенство-вался и состоял из следующих этапов, которые сохранились до наших дней: размешивание глины, формование изделия, ангобирование, сушка, лощение, орнаментация и обжиг.

Обжиг – процесс, необходимый для превращения рыхлой непрочной глины в твердую камнеобразную массу, неподверженную воздействию воды. Технология обжига прошла длительный и сложный путь. Вначале сосуды обжигались в один этап на костре. К средневековью этот процесс осущест-влялся в несколько этапов, который дошел до наших дней. Современные мастера различают три основных периода обжига. Первый период – “чок” (окур), при котором происходит выделение влаги (до 150^0C). Второй период – “орто жалын”, (средний огонь), при котором из массы изделия удаляется химически связанная вода, и сгорают все органические вещества (600^0C). Третий период – “катуу жалын”, (взвар), когда изделия приобретают цвет темно-красного каления (до 1000^0C) [3]. Температуру обжига мастера определяли на глаз по цвету каления обжигаемых предметов и самого пламени. Правильный выбор температуры обжига придавал прочность и долговечность керамическим изделиям.

Установлено, что на ранней стадии производства, высушенные горшки обжигались прямо на земле в куче топлива, покрытого навозом для сохранения тепла [4]. Позднее эту кучу стали окружать невысокой стенкой из глины, что привело к созданию простейшей гончарной печи. В дальнейшем конструкции печей совершенствовались. Остатки гончарных печей были обнаружены по всей территории древних кыргызов: в Чуйской (Александровское и Краснореченское городища), Таласской (Кетмен-Төбө) и Ферганской (Узген) долинах [5].

Печи строились на основе четко разработанных технических принципов. Но их конструкции и формы были разными, как для разных областей, так и для одной области. С древних времен мастера работали над развитием технических свойств печей, важной деталью которых являются размеры и взаимосвязь двух камер – обжигательной и топочной. Дальнейшие поиски улучшения рабочих качеств печей и техники обжига шли по линии усиления теплоизоляции камер, более экономичного использования объема, получения ровного и достаточно сильного теплового потока. При этом большое значение имели количество и размеры продухов и центрального большого отверстия, которым уделяется большое внимание и при устройстве современных печей этого типа. “При правильном выборе соответствующих размеров подовых отверстий легко добиться правильного и притом полного заполнения рабочей камеры топочными газами и минимального расхода тепла” [6]. Это хорошо знали древние керамисты. Часто в зависимости от характера обжига и необходимой температуры продухи перекрывались в той или иной степени специальными крышками или просто обломками кирпичей или керамики, так же, как это делается в современных камерных печах. Все это свидетельствует о продуманном регулировании температуры и о высоком мастерстве древних гончаров.

Наряду с керамическим производством значительное развитие получи-ло металлургическое производство, охватывающее добычу руды, выплавку металлов и производство изделий из меди, железа и других металлов. Установлено, что горнометаллургическое производство древних кыргызов по уровню техники и масштабам было высокоразвитым и играло важную роль в снабжении металлом Центральной Азии. Рудные богатства гор Ферганы, Семиречья составили хорошую базу для развития местного металлургического производства. Добыча руды осуществлялась в карьерах, штольнях, шахтах с учетом геологических особенностей. При этом разработаны технология

их добычи, сортировки, вентиляции, освещения, крепления [7, 8].

Технологический процесс выплавки металлов осуществлялся в следующей последовательности: подготовка шихты, подготовка древесного угля, загрузка шихты и древесного угля, а также флюсов, которые служили для получения легкоплавкого и жидкого шлака. В результате получалась "губчатая масса металла", которую дробили на небольшие куски и переплавляли для дальнейшей обработки [9].

Выявлено, что вначале выплавка производилась на кострах в глиняных горшках-тиглях. После получения металла горшки разбивались. Позже металл выплавляли в небольших горнах, которые внутри обмазывались глиной. Такие печи были многоразовыми. Со временем высота стен очагов росла, что привело к созданию небольших горнов из камня и глины, к которому подходила наклонная широкая канава или глиняная трубка для возможности спуска металла и удобства обслуживания процесса плавки [10].

В археологических материалах, наряду с керамическими и металлическими изделиями, очень часто встречаются стеклянные изделия, что указывает на местное стеклянное производство. Открытие стекла было обязано обжигу глиняных горшков или плавке металла (меди и бронзы), что видно по составам древних стекол. Сопоставляя химический анализ стекол, полученный Абдуразаковым А.А. [11], приходим к выводу, что основную массу вещества древних стекол образуют: кремнезем, окиси кальция, магния, натрия, и калия (94-96%). Остальные вещества (Al_2O_3, Fe_2O_3, Mn_2O_3, SO_3) играют роль примесей. Из анализа следует, что древние стекла относятся к калиево-натриевым стеклам. Но для древних стекловаров не существовали калиевые или натриевые стекла. Они могли различать их по составу шихты и по сорту применявшейся золы, которая накладывала отпечаток на минеральный состав шихты, так как зола представляет собой минеральную, несгораемую часть тех веществ, которые накапливали в себе растения из почвы. Таким образом, между почвой и стеклом существует тесная связь.

Стеклоделие начинается с подготовки шихты. Согласно письменным источникам [12], стеклоделы изготовляли стекло из золы и песка из определенных мест, содержащего естественную примесь карбоната кальция, при этом золы было в три раза больше, чем песка. Подражая камням-самоцветам, древние ремесленники вырабатывали стекла разных цветов. Окраска достигалась введением окислов металлов, их солей, а также режимом варки стекла.

Варку проводили в два приема. Сначала при легком нагреве получали частичное остеклевание шихты и появление пены (хальмозы), в состав которой входят сульфатные и хлористые соли. После охлаждения смеси пену механически отделяли от стеклообразного вещества, которое засыпали в ти-гель и при более сильном нагреве доводили до полного превращения в жид-кое стекло [13]. Варку и плавку стекла производили в стекловаренной печи. Отжигательная печь предназначалась для отжига стекла, а правильная – для расправления и разглаживания стекла. Их делали из камней и глины [14].

Немало памятников зодчества сохранил Кыргызстан. Ведущая роль в строительстве принадлежала лессовым материалам – сырцовому кирпичу и пахсе, из которых нередко выполнялись все конструкции здания: основание, стены и покрытие. Изготовление кирпича является одним из старейших видов ремесла; оно было известно большинству народов древнего мира, но мало где оно достигло такого развития [15]. Высушенный на солнце кирпич был основным строительным материалом. И в наши дни дома строятся из таких же кирпичей, какие употреблялись шесть тысяч лет тому назад. Жже-ный кирпич, не вытесняя окончательно сырца, получает свое распростра-нение с XI-XII вв. Камень употреблялся в основном в фундаментах и не

повлиял на кыргызское зодчество, исключая караван-сарай Таш-Рабат [16].

Земляное тесто, как и кирпич, содержал примесь самана, и являлся самым ранним видом кладочного раствора и устойчиво прошел века, скрепляя вначале кладку из сырцового кирпича, а затем жженого. В пределах Кыргызстана, который отличается высокими летними температурами и значительной сухостью воздуха, применялись и гипсовые вяжущие вещества, повышающие с высушиванием прочность [17]. Особенно важно его свойство вновь возобновлять устойчивую структуру после разрушения. Это имеет большое значение для сейсмических районов Кыргызстана.

Таким образом, строители хорошо знали различные свойства пород, их устойчивость к природным явлениям. Поэтому старые зодчие использовали антисейсмические конструкции и при возведении фундамента, стен и колонн, такие как «камышовые подушки», кладка квадратными кирпичами, комбинированная кладка, применение деревянных колонн, которые обрабатывались по модулю [18].

Техника рассматриваемого периода кладет фундамент всей последующей эволюции техники, конструкции которых развиваются на основе традиций, выработанных еще в древности. Ряд приемов древности остаются вплоть до XX в.

Таким образом, в данной работе проведено комплексное историко-техническое исследование, обобщены и систематизированы научные исследования археологов и историков, реконструированы технологии основных производств древних кыргызов со II тыс. до н.э. до XII века.

Литература

1. По следам памятников истории и культуры Кыргызстана (под редакцией В.М. Массона). Фрунзе, 1982. – 187 с.
2. Сайко Э.В.История технологии керамического ремесла Средней Азии VII-XII вв. – Душанбе, 1966. – 246 с.
3. Рахимов М.К. Художественная керамика Узбекистана. Ташкент, 1961. – 169 с.
4. Пещерева Е.М. Гончарное производство Средней Азии. М-Л., 1959. – 341 с.
5. Орузбаева Г.Т. Гончарные печи древних кыргызов. // Вестник КТУ. Бишкек. – 2002. – № 5. С. 69-74.
6. Дудеров Г.Н. Практикум по технологии керамики и огнеупоров. – М.: 1953.
7. Массон М. Е. Из результатов поездки в долину Таласа для выяснения истории горной промышленности. – Ташкент, 1930. – 87 с.
8. Сургай В.Т. К истории горного промысла в Киргизии.– Ф.: 1951.
9. Массон М.Е. К истории добычи меди в Средней Азии в связи с прошлым Алмалыка. – М-Л.: 1936. – 72 с.
10. Кененсариев К.С., Саякбаев Ж.С., Орузбаева Г.Т., Жолдошев М.К. Развитие металлургии и металлообработки у древних кыргызов. // “Наука и новые технологии”, Бишкек. – 2000. – №5. – С.120-124.
11. Абдуразаков А.А., Безбородов М.А. Химическое исследование средневековых стекол. // Узбекский химический журнал. – 1962. – №3.
12. Каримов У.И. Неизвестное сочинение ар-Рази “Книга тайны тайн”. – Ташкент, 1957. – 260 с.
13. Абдуразаков А.А., Безбородов М.А. Средневековые стекла Средней Азии. - Ташкент, 1966. – 242 с.
14. Ормонбеков Т.О., Кененсариев К.С., Саякбаев Ж.С., Орузбаева Г.Т. Стеклоделие у древних кыргызов. // Материалы юбилейной научной конференции ТТИ. Бишкек. – 2002. – С. 32-38.
15. Бачинский Н.М. Исследование и освоение материалов и методов старых среднеазиатских зодчих. // Доклады АН СССР. Новая серия. – 1941. – т.II, №3. – С. 14-16.
16. Пантусов Н. Таш-Рабат. // Известия археологической комиссии. – 1902. – в. 4. – С. 24-26.

17. Бачинский Н.М. Антисейсмика в архитектурных памятниках Средней Азии.- М.: 1949. – 356 с.

18. Бернштам А. Строительные приемы древних зодчих и использование их опыта в современной практике. // Труды АН Кирг. ССР. – 1943. – в.1

УДК:004.032-021.381:62-503.55

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ УНИФИЦИРОВАННОЙ СИТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Постнов А.А., Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А.
КГТУ им. И.Раззакова

В статье раскрывается принцип построения унифицированных цифровых систем управления электроприводами на базе микроконтроллеров фирмы Atmel – Atmega 128.

In this article the construction principles of the unified digital control system for thyristor converter based on Atmel's microcontroller - Atmega 128 has been considered.

Введение. Попытка создания унифицированной системы управления электроприводом постоянного тока была сделана еще в 60-е годы прошлого столетия с применением «Унифицированного блока системы регулирования» (УБСР), реализованного с помощью транзисторной схемы [1]. Однако система на базе УБСР, хотя и явилась основой оптимальной системы управления электроприводом, была громоздкой, энергоемкой и отличалась низким быстродействием. Появление аналоговых операционных усилителей позволила сравнительно простыми аппаратными средствами создать надежную систему управления для автоматизированного электропривода постоянного тока, получающего питание с выхода полупроводникового преобразователя.

Аналоговые операционные усилители использовались и в системе управления электроприводом переменного тока, с помощью которых были реализована структура со сложнейшим алгоритмом управления частотно-регулируемого электропривода, связанного с преобразованием уравнений из трехфазной системы в двухфазную систему и наоборот. Прямые и обратные преобразования уравнений в электроприводе переменного тока, при существующей структуре системы управления, позволили получить высокие показатели регулирования скорости двигателя. Однако эта система не является унифицированной, так как ею можно было управлять только частотно-регулируемым электроприводом. Кроме того эта система является сложной, многокомпонентной и требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

Цели и методы. Проектирование цифровой системы управления электроприводом постоянного и переменного тока с применением современного быстродействующего однокристального микроконтроллера позволяет решать задачи унификации за счет высокой степени интеграции микропроцессорной системы и разработки соответствующего программного обеспечения. При этом неизменным остается аппаратная часть, представляющая собой универсальное устройство, в котором алгоритм управления, заложенный аналоговыми схемотехническими решениями модернизируемой системы управления электроприводом, переводится на программное обеспечение.

Компонентами цифровой унифицированной цифровой системы управления является быстродействующий 8-разрядный однокристальный микроконтроллер фирмы Atmel – Atmega 128 и

согласующие системы ввода/вывода, обеспечивающие связь с внешними аналоговыми или цифровыми устройствами: решающими модулями, датчиками скорости, тока, положения и др. Микроконтроллер Atmega 128 основан на ядре AVR, который сочетает в себе богатый набор инструкций с 32 универсальными рабочими регистрами. Все 32 регистра непосредственно подключены к арифметико – логическому устройству (АЛУ), который позволяет указать два различных регистра в одной инструкции и выполнить ее за один цикл. Наличие в базовом микроконтроллере цифровой шины позволяет включать внешний, подчиненный базовому, микроконтроллер для повышения быстродействия, перераспределения задач или расширения внешних компонентов.

Результаты исследований. На рис.1 приведена структурная схема унифицированной цифровой системы управления автоматизированным электроприводом, построенная с помощью микроконтроллера фирмы Atmel – Atmega 128, который является базовым элементом. Относительно базового элемента формируются входные и выходные шины, в количестве достаточном для управления преобразователями энергии для питания двигателей постоянного и переменного тока. При этом преобразователями энергии для регулирования скорости двигателей постоянного и переменного тока являются полупроводниковые преобразователи, построенные с помощью силовых транзисторов или тиристоров.

Регулировать скорость двигателем постоянного тока (ДПТ) в широком диапазоне можно с помощью тиристорного преобразователя (ТП) и тиристорного или транзисторного широтно-импульсного преобразователя (ШИП), а транзисторным или тиристорным преобразователем частоты (ТПЧ) – скорость асинхронного двигателя (АД) [2].

Формирование выходного напряжения требуемой формы в ТП производится с помощью системы импульсно-фазового управления (СИФУ). СИФУ с помощью внешних транзисторных ключей VT1- VT6 (рис.1) распределяет управляющие импульсы всем 12 силовым тиристорам реверсивного ТП, собранного по мостовой схеме. Регулируемым параметром СИФУ является угол запаздывания открывания тиристоров, прямопропорционально зависящий от напряжения управления, подаваемого на вход СИФУ. Выбор той или иной вентильной группы реверсивного ТП производиться блоком логики (БЛ), который управляет транзисторами VT7 и VT8 и подает питание импульсным трансформаторам вентильных групп VG1 или VG2 [3]. Таким образом, для формирования питающего напряжения ДПТ базовый микроконтроллер должен быть загружен программным обеспечением СИФУ и БЛ.

Для разработки работы программного обеспечения СИФУ и БЛ потребуется подать на аналоговые входы напряжения синхронизации фаз *A*, *B*, *C*, а на цифровой вход микроконтроллера выходное напряжение датчика нулевого тока в двоичном коде [3]. Сведение о напряжении управления на вход СИФУ поступает в цифровом коде либо от цифровой модели предыдущего устройства, либо по внешним шинам от дополнительного микроконтроллера.

Формирование выходного напряжения ШИП и ТПЧ производится с помощью широтно-импульсного модулятора (ШИМ), который с помощью транзисторных ключей VT1 – VT6 (рис.1) распределяют управляющие импульсы силовым транзисторам или тиристорам ШИП или инвертора ТПЧ. Регулируемым параметром ШИМ является скважность напряжения прямоугольной формы, формируемого на выходе ШИП, а на выходе инвертора ТПЧ ступенчатые напряжения с переменной скважностью, гладкая составляющие которых имеют синусоидальную форму. Так как процесс регулирования скорости АД гораздо сложнее чем в ДПТ, то дополнительно к ШИМ ТПЧ требуется включить трехфазный ге-

нератор синусоидальных сигналов (ГСС), у которого регулируемыми параметрами являются частота, амплитуда и фаза формируемых напряжений. Напряжения с выхода ГСС являются переменными ШИМ при формировании напряжений на выходе ТПЧ.

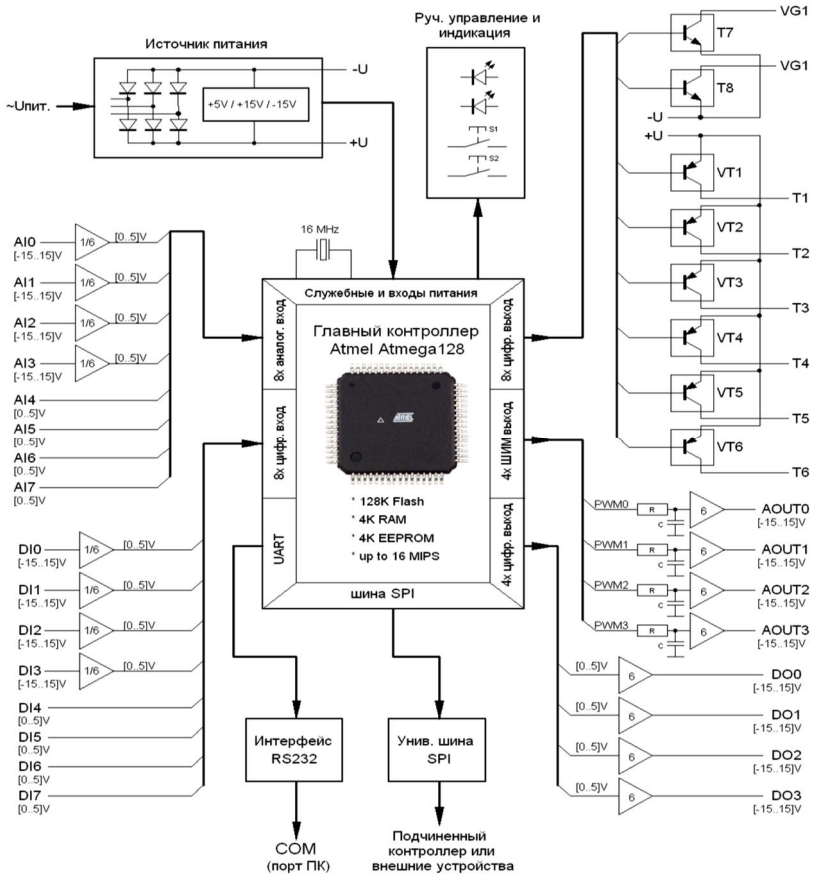


Рис. 1. Структурная схема устройства

Таким образом, для формирования напряжения на выходе ШИП базовый микроконтроллер должен быть загружен программным обеспечением ШИМ, а для ТПЧ – программным обеспечением ШИМ и ГСС. Необходимые дополнительные устройства и входные воздействия проектировщик может устанавливать в процессе наладки самостоятельно.

При проектировании автоматизированных электроприводов постоянного и переменного тока для современных технологических комплексов перед разработчиками ставятся две наиболее распространенных комплексных задачи. Первая задача включает в себя стабилизацию регулируемых параметров в установившемся режиме или в режиме слежения. При этом переходные процессы, связанные с пуском и остановкой двигателя в этих электроприводах производятся при наложенных ограничениях параметров, которые могут вывести из строя механическую или электрическую часть двигателя. Вторая задача относиться к процессу управления, когда двигатель из одного установившегося состояния переходит в другое, при условии достижения максимума или минимума какого-либо заранее заданного критерия качества. Последнюю принято называть задачей оптимального управления.

Реализация обоих задач требует использования, различных по назначению регуляторов контролируемых параметров двигателя от которых зависит достижение поставленной цели. Первую задачу можно решить в результате синтеза системы

управления автоматизированного электропривода, когда на основании показателей качества регулирования скорости определяется функциональная схема. Синтез системы управления позволяет, во-первых, определить структуру регулятора, во – вторых, математическое описание относительно входных и выходных параметров, в – третьих, появляется возможность произвести расчеты оптимальных параметров для настройки регулятора.

При микропроцессорном управлении потребуется разработать программное обеспечение регуляторов, которые будут использованы для выполнения первой задачи. Для второй задачи может потребоваться более сложный алгоритм, описываемый нелинейными уравнениями. В этом случае помимо регуляторов в систему управления потребуется введение нелинейных блоков или элементов числового программного управления. Для этого случая предусмотрена универсальная шина SPI для подключения внешнего, подчиненного базовому, контроллер. Числовое программное управление, а также программное обеспечение микропроцессорного управления электроприводом вводиться в базовый и дополнительный контроллер от персонального компьютера через интерфейс RS232.

На рис.2 приведен макетный образец проектируемого унифицированного устройства, предназначенного для числового управления электроприводами постоянного и переменного тока. Для того чтобы иметь полное представление о разрабатываемом устройстве ниже приведем основные технические характеристики микроконтроллера Atmega 128:

– возможность выполнения большинства инструкций за один машинный цикл позволяет увеличить производительность контроллера до 1 млн. операций в секунду;

– при рабочей частоте 16 мегаГц быстродействие контроллера приближается к 16 млн. операций в секунду;

– программа контроллера пишется на доступном языке Си;

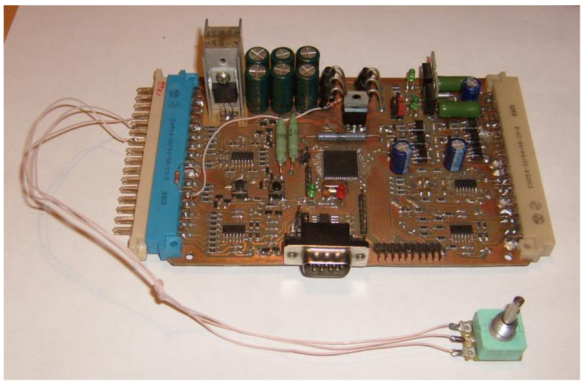


Рис. 22. Макетный образец устройства

– шина UART (универсальный асинхронный приемо-передатчик) настраивается к подключению к персональному компьютеру по интерфейсу RS232 или на подключение к промышленной шине RS485, объединяющие однотипные контроллеры в одной сети или для подключения к цифровым датчикам стандарта RS232;

– шина SPI позволяет увеличить быстродействие устройства за счет подключение внешнего контроллера или внешних смежных устройств, предназначенных для улучшения режимов работы устройства.

Выводы:

1. Разработанное устройство за счет использования микроконтроллера Atmega 128, выпускаемый массовым тиражом и имеющего относительно низкую стоимость, по своим техническим параметрам позволяет решать многие задачи цифрового управления.

2. Реализуется возможность формирования различных структур систем регулирования координат автоматизированных электроприводов постоянного и переменного тока, включая системы управления различных силовых преобразователей.

Литература

1. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.
2. Кадыров И.Ш. Проектирование электромеханических систем для

машин автоматического действия. – Бишкек: *ИЦ* «Текник», 2006. – 211 с.
3. Кадыров И.Ш. Принципы, методы и алгоритмы построения микропроцессорных систем управления электромеханическими машинными агрегатами. – Бишкек: *ИЦ* «Текник», 2007. – 206 с.

УДК: 62-231.2: 62-50:662.933.23

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО СИСТЕМЕ ШИП – Д ДЛЯ ПСУ БИШКЕКСКОЙ ТЭЦ

Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А.
КГТУ им. И. Раззакова
E-mail: bgtu_kg@mail.ru

В статье на основании исследования физических процессов параллельного широтно-импульсного преобразователя определяются основные принципы построения систем управления электроприводом питателя сырого угля

In the article on the basis of studies of the physical processes in parallel PWM converter defines the basic principles of building electric converter systems of the raw coal feeder.

Введение. Питатель сырого угля (*ПСУ*) Бишкекской теплоэлектроцентрали (*ТЭЦ*) обеспечивает подачу угля в молотковую мельницу с помощью шнекового конвейера и от его производительности зависит тепловые режимы главного агрегата *ТЭЦ* – парового котла. При этом электродвигатель конвейера работает в длительном режиме, так как *ПСУ* относится к непрерывному транспортному средству. Тяжелые условия эксплуатации конвейера, связанные с завышенной концентрацией запыленности, загазованности и высокой температуры требует особого подхода при выборе типа и исполнения автоматизированного электропривода[1].

Производительность котлоагрегата определяет необходимость регулирования подачи сырого угля в зависимости от тепло и энергопотребления, особенно в зимнее время. Номинальный режим работы конвейера обеспечивается при однородном угле без крупных посторонних примесей. В тоже время в работе электродвигателя могут возникать режимы стопорения от чрезмерной нагрузки. Ограничение тока в этих режимах является одним из главных требований, предъявляемых к электроприводу.

Рассматриваемый электропривод конвейера *ПСУ* приводиться в движение от двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Скорость двигателя регулируется параметрическим способом формированием реостатных характеристик, а питание двигателя *ПСУ* осуществляется по сети постоянного тока с выхода генератора собственных нужд *ТЭЦ*.

В настоящее время электропривод конвейера *ПСУ* с параметрическим способом регулирования скорости, установленный ещё в 60-е годы прошлого столетия морально и физически устарел и требует модернизации с использованием современной элементной базы как в системе управления, так и в силовой части электропривода.

Рассмотренный в [2] электропривод с транзисторным широтно-импульсным преобразователем (*ШИП*) не может обеспечить надежную работу, так как выпускаемые промышленностью силовые высоковольтные транзисторы являются дорогостоящими. Кроме того ограниченные предельные значения токов транзистора могут не обеспечить безопасный пуск конвейера в крайне тяжелых режимах. В связи с этим имеет

смысл рассмотреть возможность построения тиристорных *ШИП* применительно к электродвигателю ПСУ для Бишкекской *ТЭЦ*.

Цели и методы. На рис.1. приведена схема тиристорно-конденсаторного преобразователя постоянного тока, в котором для регулирования напряжения двигателя используется высокочастотный *ШИП* с последовательной конденсаторной коммутацией [3]. Импульсный преобразователь на рис.1 отличается простотой и надежностью и может эксплуатироваться в электроприводе *ПСУ*, если обеспечить надежные условия коммутации силовых вентилей. Нормальные условия работы *ШИП* на рис.1 может быть обеспечен, при условии правильного выбора емкости коммутирующего конденсатора и пределов изменения частоты коммутации, так как напряжение питания двигателя регулируется в широких пределах при частотно-импульсном способе коммутации.

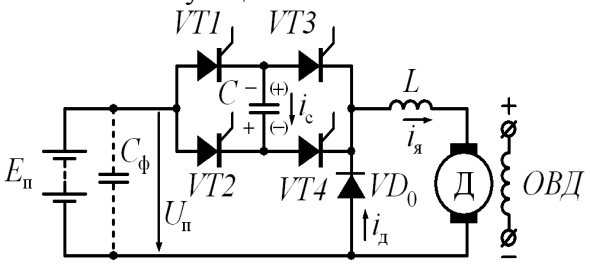


Рис. 1. Импульсный преобразователь с последовательной коммутацией.

В связи с этим основное содержание статьи направлено на получение расчетных зависимостей, с помощью которых ещё на стадии проектирования и наладки можно было бы выбрать силовые элементы в цепи коммутации с большей вероятностью обеспечивающей бесперебойную работу электропривода во всех режимах, в том числе в режиме стопорения при чрезмерном увеличении нагрузки.

Рассмотрим кратко такты работы силовых элементов импульсного преобразователя за один период коммутации:

а) бесперебойный режим работы *ШИП* без срыва коммутации силовых элементов обеспечивается предварительным зарядом конденсатора *С* до напряжения $U_с = -U_п$, отпиранием коммутирующих тиристоров *VT*2, *VT*3;

б) подача импульсов на управляющие электроды открывают основные тиристоры *VT*1, *VT*4 и напряжение скачком прикладывается к якорной цепи. По цепи нагрузки и конденсатора *С* протечет ток $i_я$, который перезарядит конденсатор *С* до напряжения $U_с = +U_п$;

в) спадание тока, вызванный действием *ЭДС* самоиндукции в цепи конденсатора *С* откроет обратный диод *VD*0 и он обеспечит протекание тока через якорь $i_д$ обеспечивая закрытие, находящихся в работе коммутирующих тиристоров *VT*1 и *VT*4;

а) отпирание коммутирующих тиристоров *VT*2, *VT*3 возможен после надежного закрытия основных тиристоров *VT*1 и *VT*4 за счет спадания тока заряда конденсатора *С* до нуля по цепи обратного диода *VD*0, когда перезаряд конденсатора завершается достижением напряжения до первоначального уровня $U_с = -U_п$.

Отпирание и запирание силовых тиристоров и коммутирующего диода *VD*0 по тактам сопровождается переходными процессами, когда во времени изменяются ток якорной цепи $i_я = f(t)$, напряжение на конденсаторе $u_с = f(t)$, напряжение

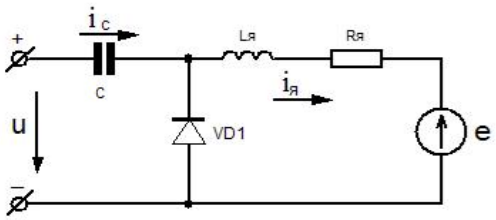


Рис. 2. Схема замещения ШИП с последовательной коммутацией

на якоре $u_я = f(t)$ и др. Параметры силовых элементов *ШИП* и структура системы управления могут быть определены

из уравнений переходного процесса основных переменных *ШИП* при коммутации силовых вентилей.

Для исследования переходных процессов $i_с = f(t)$, $i_я = f(t)$, $u_с = f(t)$ и $u_я = f(t)$ следует составить упрощенную схему замещения, представленную на рис. 2, в которой приняты следующие обозначения: $R_{яΣ}$, $L_{яΣ}$ – суммарные значения активного сопротивления и индуктивности якорной цепи, e – *ЭДС* вращения двигателя.

Для схемы на рис.2 описание переходных процессов силовой части *ШИП* линейными дифференциальными уравнениями справедливо при введении следующих допущений:

– поток двигателя неизменный, т.е. $Ф = const$;

– внутреннее сопротивление коммутирующих тиристоров: $r_т = \infty$ при закрытом состоянии, $r_т = 0$ – при открытом;

– силовые тиристоры и коммутирующий диод открываются и закрываются мгновенно.

Под определением бесперебойный режим работы *ШИП* понимается необходимость обеспечения надежного закрытия одной пары коммутирующих тиристоров перед включением другой пары, в моменты, когда процесс заряда конденсатора завершается, т.е. $i_с = 0$. В этом случае последующий перезаряд конденсатора, в момент коммутации основных тиристоров, начнется с напряжения:

$$u_с = -(u - e), \qquad \textbf{(1)}$$

и к якорю двигателя приложиться напряжение равное:

$$u_я = 2u - e \qquad \textbf{(2)}$$

Из (2) видно, что максимальное значение напряжения, приложенное к якорной цепи, вызывающее протекание максимального тока по цепи конденсатора и якоря двигателя установиться в режиме короткого замыкания двигателя, т.е. при $e = 0$.

Исследование переходных процессов целесообразно начать при низких частотах переключения коммутирующих тиристорных пар, когда каждый такт коммутации сопровождается уменьшением до нуля тока якоря через диод *VD*1 (рис.2). Такие условия работы силовых вентилей возможны при соблюдении неравенства:

$$f_k \le \frac{1}{(3-4)T_я}, \qquad \textbf{(3)}$$

где $T_я = L_{яΣ} / R_{яΣ}$ – постоянная времени якорной цепи.

Аналогичные режимы характерны и для первых циклов коммутации на рабочих частотах, при нарастании тока якоря от нуля до установившегося значения.

Процесс заряда конденсатора описывается следующим выражением:

$$u = u_с + L_{яΣ} di_с / dt + i_с R_{яΣ}. \qquad \textbf{(4)}$$

Корни характеристического уравнения для выражения (4) определиться:

$$p_{1,2} = -\frac{R_{яΣ}}{2L_{яΣ}} \pm \frac{1}{\sqrt{CL_{яΣ}}} \sqrt{\frac{T_c}{4T_я} - 1}, \qquad \textbf{(5)}$$

где $T_с = CR_{яΣ}$ – постоянная времени заряда конденсатора.

Постоянная времени $T_я$ двигателей средней мощности лежат в пределах $(0{,}1 \div 1)$ секунды из-за небольших величин сопротивления якорной цепи, следовательно, можно принять:

$$T_с / 4T_я \approx 0, \qquad \textbf{(6)}$$

При этом допущении корни характеристического уравнения являются комплексно сопряженными. Решением дифференциального уравнения (5), при введении начальных условий ($U_с\big|_0 = -U$; $I_с\big|_0 = 0$), является:

$$= u\left[1 - 2ue^{-\frac{t}{2T_я}}\left(\cos\Omega t + \frac{1}{2T_я\Omega}\sin\Omega t\right)\right] \qquad \textbf{(7)}$$

где $\Omega = 1/\sqrt{CL_{яΣ}}$ – частота свободных колебаний перезаряда конденсатора.

Реальные значения параметров двигателей, которые могут быть использованы в электроприводах *ПСУ*, позволяют ввести допущение вида:

$$1/2T_{\text{я}}\,\Omega << 1. \qquad \textbf{(8)}$$

Допущение (8) упрощает (7), поэтому окончательные выражения описывающие процессы перезаряда конденсатора имеют вид:

$$\left.\begin{aligned} u_{\text{с}} &= u\left(1-2e^{-\frac{t}{2T_{\text{я}}}}\cos\Omega t\right);\\ i_{\text{с}} &= 2C\Omega u 2e^{-\frac{t}{2T_{\text{я}}}}\sin\Omega t. \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(9)}$$

Из выражений (9) можно определить время завершения перезаряда конденсатора, равное:

$$t_{к} = \pi/2\Omega, \qquad \textbf{(10)}$$

откуда максимальная частота коммутации тиристоров определиться как:

$$f_{\max} = 2\Omega/\pi = 2/\pi\sqrt{CL_{\text{яΣ}}}. \qquad \textbf{(11)}$$

При увеличении частоты коммутации ток якоря становится непрерывным и тогда выражение, описывающее напряжение на конденсаторе $u_{\text{с}} = f(t)$ приобретает вид:

$$u_{\text{с}} = u + e^{-\frac{t}{2T_{\text{я}}}}\left[\frac{i_{\text{нач}}}{C\Omega}\sin\Omega t - 2u\left(1+\frac{1}{2T_{\text{я}}\Omega}\right)\cos\Omega t\right] \qquad \textbf{(12)}$$

$$u_{\text{с}} = u + e^{-\frac{t}{2T_{\text{я}}}}\left[\frac{i_{\text{нач}}}{C\Omega}\sin\Omega t - 2u\left(1+\frac{1}{2T_{\text{я}}\Omega}\right)\cos\Omega t\right] \qquad \textbf{(12)}$$

или с учетом ранее принятых допущений (6), (8) получим

$$\left.\begin{aligned} u_{\text{с}} &\cong u + \frac{i_{\text{нач}}}{C\Omega}\sin\Omega t - 2u\cos\Omega t;\\ i_{\text{с}} &\cong i_{\text{нач}}\cos\Omega t + 2uC\Omega\sin\Omega t. \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(13)}$$

Как было сказано выше, закрытие пары тиристоров находящихся в работе сопровождается открытием коммутирующего диода *VD*1, в результате чего образуется электрическая цепь, в которой ток якоря протекает под действием *ЭДС* самоиндукции. Уравнения, описывающие переходный процесс изменения тока якоря $i_{\text{я}} = f(t)$ в этом такте имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} &L_{\text{яΣ}}\,di_{\text{с}}/dt + i_{\text{с}}R_{\text{яΣ}} < 0;\\ &-L_{\text{яΣ}}\Omega\, i_{\text{нач}}\sin\Omega t + 2u\cos\Omega t + i_{\text{нач}}R_{\text{яΣ}} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(14)}$$

Сделав допущение, что частота коммутации тиристоров намного больше частоты свободных колебаний контура, имеем:

$$\left.\begin{aligned} \sin\Omega t &= \sin\Omega/f_{k\max} \approx \Omega/f_{k\max};\\ \cos\Omega t &\quad \cos\Omega/f_{k\max} \approx 1. \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(15)}$$

При условиях (15) ток якоря, а следовательно и начальный ток заряда конденсатора стремится к току короткого замыкания:

$$i_{\text{нач}} = I_{\text{кз}} = U/R_{\text{яΣ}}. \qquad \textbf{(16)}$$

Подставляя (16) во второе уравнение (14) с учетом (15) получим равенство:

$$\Omega \cdot \Omega \cdot \frac{L_{я\Sigma}}{R_{я\Sigma}} \cdot = \frac{1}{f_{\text{kmax}}} \quad 3,$$

откуда максимальная частота коммутации силовых элементов ШИП:

$$f_{\text{kmax}} = \frac{1}{3R_{я\Sigma}C}, \qquad \textbf{(17)}$$

а среднее значение максимального тока якоря примерно равно:

$$I_{\text{max}} \cong 2/3 I_{\text{кз}} \quad .$$

Результаты исследований. Принятые допущения справедливы для малых значений величины коммутирующей емкости. При ее увеличении и возрастании времени заряда, на характер переходных процессов начинает сказываться как экспоненциальная составляющая, так и фазовый сдвиг, определяемые уравнением (12). Это приводит к увеличению запаса устойчивости при коммутации, и как следствие, к некоторому повышению частоты коммутации и максимального значения тока якоря.

В то же время при малых значениях величины коммутирующей емкости в полной мере начинает сказываться неидеальность параметров самих элементов силовой схемы и в первую очередь – емкость коммутирующего диода. Как показали экспериментальные исследования, при использовании элементов силовой схемы общепромышленного применения, исключения влияния их параметров на работу системы обеспечивается при величине коммутирующей емкости 5-10 мкФ. Оптимальное значение емкости, исходя из условий обеспечения надежности работы схемы и массогабаритных показателей, лежат в пределах 20-100 мкФ.

Для электродвигателей средней мощности допустимое значение стопорного тока гораздо меньше тока короткого замыкания двигателя. При этом ограничении максимального тока может быть достигнуто ограничением максимальной частоты коммутации без использования других способов автоматического токоограничения.

Задавшись величиной коммутирующей емкости и значением стопорного тока $\left(I_{\text{стоп}} = 2I_{\text{я ном}}\right)$ можно определить максимальную частоту коммутации задаваемой системой регулирования тиристорами из выражения:

$$2U \cong CI_{\text{max}} t = \frac{CI_{\text{max}}}{f_{\text{kmax}}} \quad ,$$

откуда

$$f_{\text{kmax}} = \frac{CI_{\text{я ном}}}{U} \quad .$$

Вывод:

Выполненный анализ работы преобразователя с последовательной коммутацией позволяет обоснованно выполнить выбор параметров элементов силовой схемы и системы управления при надежном ограничении максимального значения тока якоря заданным значением.

Литература

1. Кадыров И.Ш. Разработка электропривода питателя сырого угля Бишкекской ТЭЦ с микропроцессорным вычислением регулируемых параметров в замкнутой системе управления. В сб. 4 Международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». АИЭС, 2004. – Алматы: - С. 229-236.
2. Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А., Борукеев Т.С. Проблемы и пути решения автоматического управления электроприводом питателя сырого угля ТЭЦ г. Бишкек. Известия КГТУ им. Раззакова, Бишкек: № 25, 2011. – – С. 187-195.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 232 с.

УДК 656.025.41 : 625.7/8(075.8)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОПУСКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ

THE IMPROVING OF ORGANIZATIONS PASSES LORRY AND HEAVY VEHICLES ON THE ROADS

Дуйшоев С.Д., Маткеримов Т.Ы., Атамкулов У.Т.
Ошский технологический университет

В настоящей статье рассмотрено воздействие сверхдопустимых нагрузок на дорожную одежду. Приведены предложения по совершенствованию организации пропуска крупногабаритных и тяжеловесных транспортных средств по автомобильным дорогам Кыргызстана.

The impact overadminissible loads on pavement is considered in this article. The suggestions for improving of organization of large and heavy pass vehicles on the roads of Kyrgyzstan are shown.

Увеличение грузоподъемности автомобилей, приводит к снижению затрат на перевозку грузов, но с другой стороны – увеличиваются затраты на дорожное строительство. Все страны мира сталкиваются с проблемой взаимной увязки развития транспортных средств и дорог. В современных условиях мирового кризиса, в условиях недостаточности средств эта проблема проявляется как вопрос об ограничении различных параметров подвижного состава, а именно осевых нагрузок, общих масс и габаритов.

Однако увеличение количества объема тяжеловесных грузоперевозок создают существенные проблемы в организации и управлении транспортной сети.

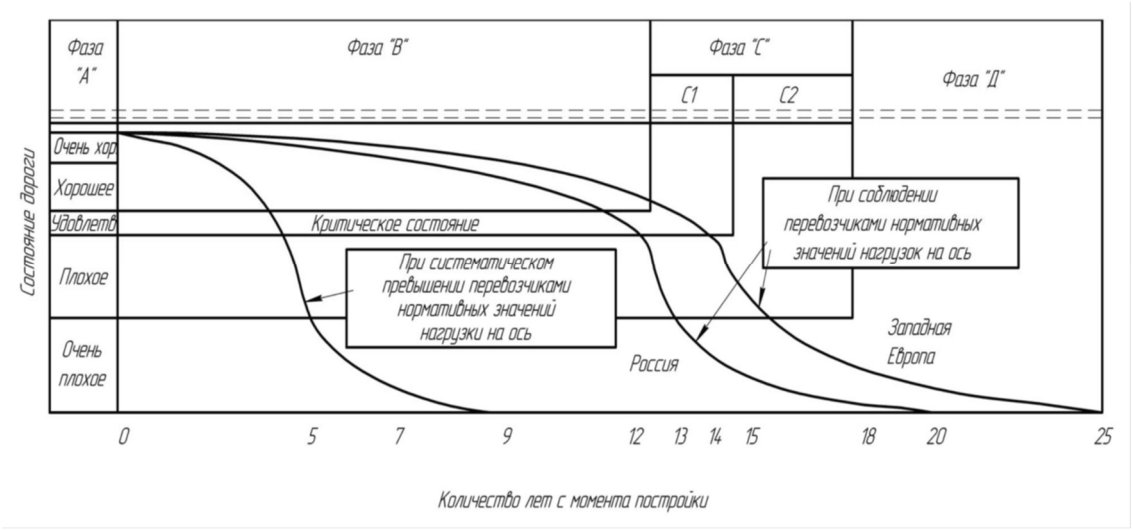


Рис.1. Графическая схема влияния систематического превышения перевозчиками нормативных нагрузок на срок службы автомобильной дороги (без учета проведения ремонтных работ):

Фазы «А»- завершение строительства и ввод автомобильной дороги в эксплуатацию, «В» - медленный и почти неощутимый износ, «С»- ускоренный износ, «Д» - полное разрушение

Существуют определенные требования к автомобилям со стороны автомобильных дорог, которые необходимо соблюдать, чтобы не перестраивать сеть автомобильных дорог под каждое новое поколение автомобилей. Это, прежде всего, требования к динамическим свойствам и габаритам автомобилей, их осевой нагрузки, общей массе и ряду других характеристик.

Исследования, проведенные в Западно-европейских странах и в США показывает влияние превышения фактических нагрузок на долговечность дорожной одежды. Рис.1.[6].

В результате проведения во Франции исследований [2] установлено, что перегруженные оси большегрузных автомобилей увеличивают агрессивное воздействие на нежесткие дорожные одежды более, чем на 40%, на полужесткие дорожные одежды более, чем на 88%.

Исследователи из Германии установили [4], что при увеличении нагрузки в виде двуосного транспортного средства, на покрытии с волнообразованием наблюдалось вдвое больше прогибов и деформаций, чем у слоев покрытий без волнообразования.

Американской ассоциацией сотрудников дорожных организаций (AASHO) в результате проведенных испытаний было установлено влияние перегрузок на долговечность дорожной одежды. Это влияние пропорционально превышению фактических нагрузок над допустимыми примерно в степени 4, то есть увеличением нагрузок на одну треть долговечность нежесткой дорожной одежды уменьшается приблизительно в 4 раза. Долговечность дорожной одежды в 24-25 раз уменьшается при двукратном увеличении нагрузки на одиночную ось.

Кыргызская Республика расположена в самом центре Центральной Азии и граничит с Казахстаном, Узбекистаном, Таджикистаном и Китаем. Основным транспортом, связывающим эти государства, является автомобильный транспорт. Доля автомобильных перевозок составляет более 90 %. Основные трассы, связывающие Китай со станами Европы проходят по территории Кыргызстана, по Великому Шелковому Пути. Поэтому транспортно-эксплуатационному состоянию автодорог и перевозок необходимо особое отношение.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост численности автомобильного парка 5-6 % и более в год. За последние семь лет число автомобилей в Кыргызстане возросло в 8 раз. Парк грузовых автомобилей в Кыргызстане возрос на 15%, а тяжеловесных транспортных средств – на 25%. Особенно нужно отметить, что растут объемы тяжеловесных грузоперевозок, осуществляемых иностранными перевозчиками в международном сообщении. К 2015-2020 гг. согласно прогнозу развития транспорта, доля грузоперевозок, осуществляемых автомобильным транспортом увеличится примерно до 30-40 % [4].

Исследования воздействия автомобильных нагрузок на дорожную одежду проведенные в различных странах установило, что под нагрузкой от каждого колеса автомобиля дорожная одежда прогибается, а затем постепенно восстанавливается (рис.2 а). Прогиб от колеса тяжелого грузового автомобиля распространяется во все стороны, образуя чашу прогиба радиусом до 4 м, которая перемещается по ходу движения автомобиля. Чаши прогиба от колес автомобиля частично перекрывают одна другую и охватывают всю ширину полосы движения. При этом в слоях одежды возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и сдвига (рис. 2 б). Чрезмерные напряжения от транспортных нагрузок приводят к возникновению тех или иных деформаций [7].

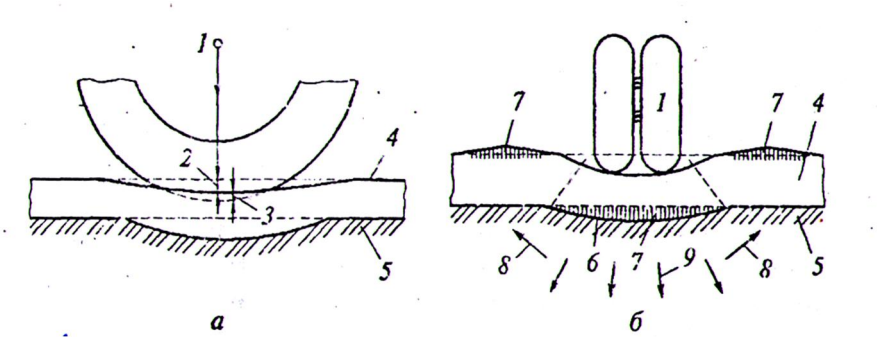


Рис. 2 Схема образования чаши прогиба и разрушения нежестких дорожных одежд под колесом автомобиля:
1 - колесо; 2- прогиб дорожной одежды; 3 – сжатие шины; 4 – дорожная одежда; 5 – земляное полотно; 6 – чаша прогиба; 7- зоны растяжения и трещины в одежде; 8 – выпирание грунта; 9 – направление сжатия грунта

Таким образом, автомобильные нагрузки – главная причина деформаций и разрушения, автомобильных дорог. На этой основе должна разрабатываться техническая политика в эксплуатации дорог и их содержания.

Опыт ряда зарубежных стран показывает, что имеются две пути решения данной проблемы:

- поиски оптимальных сочетаний структуры автомобильного парка и структуры, дорог по допустимым осевым нагрузкам;
- создание системы охраны дорог с жестким контролем за эксплуатацией соответствующего крупногабаритного и тяжеловесного подвижного состава.

В большинстве стран мира максимальные осевые нагрузки регламентированы национальными стандартами и дорожным законодательством. В западноевропейских странах в послевоенные годы идет тенденция к увеличению допустимых нагрузок на ось в среднем на 20% каждые 10-15 лет. Однако, в этих странах и в США движение автомобилей с максимальными осевыми нагрузками разрешено на некоторых дорогах. Например, в Германии только в одной из 10-и земель разрешена осевая нагрузка 130 кН, на остальной территории – 100 кН, а в Канаде только в одной из 10-и провинций разрешена осевая нагрузка 100 кН, а в остальных – от 82 до 91 кН. В Норвегии на всех национальных дорогах допускается нагрузка на ось 80-100 кН.

В Кыргызстане разрешенные значения осевых нагрузок для дорог государственного значения составляет 115 кН, а в реальности по таким стратегическим дорогам как Бишкек-Ош, Ош-Иркештам, Бишкек-Торугарт, Ош-Исфана, Тараз-Талас-Суусамыр, Тюп-Кеген и другие, осевые нагрузки превышают допустимые нормы.

В Кыргызстане существующая сеть автомобильных дорог по своим прочностным параметрам не способна выдержать увеличивающиеся нагрузки от тяжеловесных транспортных средств.

В связи с этим необходимо провести технико-экономическое обоснование норм осевых нагрузок для расчета дорожных одежд с учетом фактической структуры автомобильного парка, протяженности и транспортно-эксплуатационного состояния дорог, размера затрат на внедрение новых норм, реальных возможностей государства и сроков осуществления работ по внедрению новых норм.

Необходимо установить величину превышения нормативной осевой нагрузки, при которой пропуск транспортного средства осуществляется по индивидуальному проекту после проведения мероприятий по усилению дорожных одежд, а состояние дорожной одежды по прочности, при котором дорожная одежда счи-

тается разрушенной и не требующей ограничения осевых нагрузок.

Жесткие штрафы за превышение нагрузок, разгрузки транспортного средства и запрещение дальнейшего проезда заставят автоперевозчиков использовать транспортные средства со щадящими осевыми нагрузками, обеспечивая тем самым сохранность дорожных одежд и сооружений.

Вместе с этим, это предполагает наличие в государстве автомобильных дорог и сооружений, способных пропускать современные транспортные средства, наличие дорожной нормативно-правовой базы, а также организационно-технического обеспечения (стоянок, терминалов, разгрузочной техники и др.) при предъявлении мер ответственности.

В обычном не контролируемом режиме для обеспечения пропуска максимального количества транспортных средств, одновременно сохраняя дорожные одежды, необходимо проводить систематические обследования дорог государственного и местного значения. На этой основе определить допустимые в различные сезоны года нагрузки на ось и общие массы для мостов.

По опыту зарубежных стран рекомендуется разработать и утвердить, периодически обновляя, карту-схему сменяемых по сезонам года дорожных знаков, карту-схему дислокации мостов с информацией об их грузоподъемности, маршруты движения для крупногабаритных и тяжеловесных транспортных средств (КТТС) с нанесением информации об ограничениях нагрузок и габаритных размеров.

При создании системы пропуска КТТС всеми станами решаются следующие вопросы:

- устанавливаются допустимые осевые нагрузки, общие массы;
- устанавливаются величины штрафов и платы за проезд;
- создается весовой контроль за пропуском КТТС;
- разрабатываются маршруты движения для КТТС;

Выводы. Изучение опыта стран дальнего, ближнего зарубежья по организации пропуска КТТС показало, что в Кыргызстане практически отсутствует система пропуска КТТС, позволяющая организовать движение транспортных средств не только иностранных государств, но и отечественных. Необходимо строить данную систему по общепринятому в мире порядку и по мере наработки практического опыта осуществлять ее совершенствование.

Литература

1. Влияние разрешенных и незаконных перевозок автомобилей на дорожные одежды. РЖ ВИНИТИ. Автомоб.дороги.-1988.-№11.-С.6-9.
2. Оценка разрушающего воздействия транспортных средств на автомобильные дороги. Автомоб. дороги: Зарубежный опыт: Экспресс-информ. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР.- 1989. Вып.9.С.27-35.
3. Несущая способность дорожной сети Финляндии и образование дефектов и разрушений. РЖВНИТИ. Автомобильные дороги.-1989.-№12.С.4-5.
4. Программа развития отраслей Министерства транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики на 2009-2011гг..-Б., 2008. МТиК КР.-С.5.
5. Механизм образования трещин в асфальтобетонных покрытиях при низких температурах. Автомоб. дороги: Зарубеж. опыт: Экспресс-информ. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – 1989.- Вып. 11. – С.11-15.
6. Автомобильные дороги России.-М: Информавтодор, 2000.- 212 с.
7. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог.-М.:Издательский центр «Академия»,-2010.-320с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

FPGA'S SENSOR, LIGHT IMAGE SENSOR

Абдулмохсин Х., Батырканов Ж.И.
КГТУ им. И.Раззакова



1. Introduction

Because of the constantly decreasing size and cost of image sensors and increasing complexity of FPGA circuits, it has become feasible to implement a compact streaming video camera using these two components. Because of the flexibility and programmability of the FPGAs, additional functionality may be implemented, using the streaming camera as a base. This document describes the construction of a streaming video camera using a Xilinx Spartan-II FPGA and a National Semiconductor LM9618 LIGHT Image Sensor.

2. Problem Formulation The goal of this project is to construct a small camera system capable of streaming live video images from a LIGHT image sensor to a PC through the parallel port interface provided on the Xilinx XSA FPGA development board. The project is to serve as an introduction to hardware design using VHDL, as well as provide a starting point for future applications involving the camera. The camera should be capable of handling up to 30 frames per second of VGA resolution images from the sensor, but due to the constraints imposed by the parallel port may transfer data to the host PC at a much lower rate.

3. Method of Solution

3.1 Image Sensor The image sensor used is a National Semiconductor LM9618 LIGHT Image Sensor. Its flexibility and ease of use makes it a good choice for the system. Its data bus can be configured as 12, 10 or 8 bits wide, and it has a moveable and resizable frame of view. All functionality is controlled via internal registers which are accessed via an I^2C bus. National Semiconductor also provides a headboard for the sensor, which allows a lens to be attached and provides easy access to the necessary control and data lines.

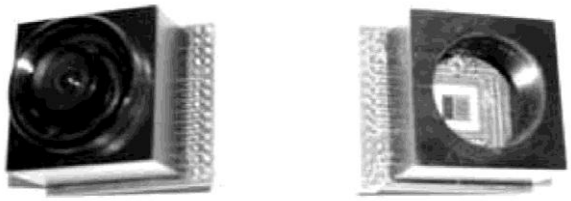


Figure 1: National LM9618 headboard, with and without lens attachment

3.2 FPGA / Development Board The XESS XSA development board is used to prototype and test the design. The board is built around a Xilinx Spartan-II XC2S100 FPGA. The board also contains 16 MB of external RAM memory in the Hynix HY57V281620A chip, as well as 256 KB of flash memory. The on-board CPLD and parallel port interface makes it easy to load new designs into the FPGA. The board also provides several useful components for input/debugging such as a pushbutton, dip switches, etc.

VHDL Implementation The software placed in the FPGA is implemented in VHDL. VHDL provides strong type checking and allows us to build the design up from smaller modules. The program loaded onto the FPGA has three main tasks: to control the LIGHT im-

age sensor, to read and store Image data from the LIGHT image sensor, and to stream the Image data to the host software through the parallel port. The software is divided into several modules, each performing a specific function. Below is a block diagram of the data flow within the system.

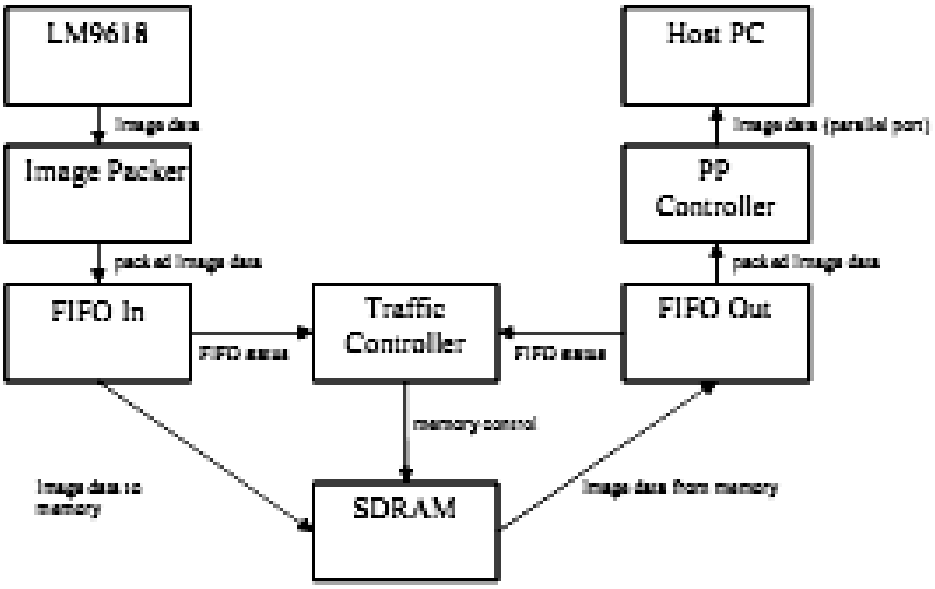


Figure 2: System dataflow block dia gram

3.3.1 I²C Interface The I²C interface is made up of two modules. The lowest-level module is the "simple_i2c" component. This component is a bare-bones I²C interface available from http://www.opencores.com. Build on top of that module is the "lm9628_i2c_interface" module, which is based on a Dallas 1621 interface written by Richard Herveille, also available from opencores.com. The module provides an address, data, and several control lines for reading and writing values to registers via the I²C bus. The top-level module (the stream_camera_top component) utilizes this interface in order to initialize the LIGHT sensor with the correct settings in its control registers.

3.3.2 Storing Image Data The first step in storing images from the camera is to receive two eight bit Images and store them in a single sixteen bit word. This is accomplished in the Image_packer component. Once two Images are received from the sensor, they are passed to a FIFO buffer in the form of a single word, with the first Image received stored in the lower 8 bits and the second Image in the upper 8 bits. The output data lines of the FIFO are connected to the input data lines of the memory interface, and the FIFO status signals are fed to the memory arbitration unit. The memory arbitration unit (the traffic_controller component) controls access to the memory interface.

3.3.3 Streaming Image Data The camera utilizes the parallel port to communicate with the host PC. Because of the way the interface CPLD is programmed on the XSA development board, there are seven bits available for data from the PC to the FGPA (commands) , and four status bits available for data from the FPGA to the PC (imagedata). The pp_interface module controls the movement of data in and out of the parallel port at the lowest level. The lsb of the seven bit data bus is debounced by the signal_debounce component and used as the clock for the synchronous transfer of image data from the FPGA to the PC.

Because only one nibble (4 bits) can be sent from the FPGA at a time, a second clock is generated that transitions with a rising edge every time the transfer of one sixteen bit word is complete. This allows the remain-

ing layers of software to be unaware of the four bit limitation and transfer one full word at a time. The pp_controller module is one layer above the pp_interface module. Its main function is to read incoming commands from the PC and initiate frame transfers when appropriate. It provides a status signal to the memory arbitration unit as well to indicate when a frame is being transferred and Image data from memory is needed.

3.3.4 Memory Arbitration / Control Logic because the modules responsible for both outgoing and incoming data need access to the memory, some sort of arbitration is needed. The incoming and outgoing transfer rates are very different and not synchronized in any way, so in order to guarantee that we have a complete image to transfer at any given time, we need three separate image buffers. We need one buffer to hold the incoming Image data, one buffer to hold the Image data of the outgoing image, and one buffer to hold the last complete frame. These details are handled by the traffic controller module. The module transfers data two Images (one 16-bit word) at a time to both the input and output FIFO's. If no frame is currently being outputted through the parallel port and there is data to be read in the incoming FIFO, that data is read and stored in memory. If there is a frame currently being output through the parallel port, the module writes data to the outgoing FIFO until it asserts its "almost full" status flag. Because the speed of the memory is very fast in comparison to the speed at which data can be transferred over the parallel port, the system has no problem keeping up. Finally, if the outgoing FIFO is sufficiently full and the incoming FIFO contains new data, it is read and stored in memory. Each of the three frame buffers in memory has a unique address offset, making it simple for the traffic_controller module to switch between them. When a request for a new frame is received from the host, the offsets for the last complete frame and outgoing frame are swapped, so that the latest frame is transferred to the host. When the start of a new frame is received from the camera, the incoming and last complete frame offsets are swapped. On the rare occasion that the two events occur during the same clock cycle, the outgoing and incoming buffer offsets are swapped. Using this logic, we guarantee that incoming and outgoing images are never corrupted with data from other frames.

3.4 External Connections Below is a wiring diagram of the external connections between the XSA development board and the LIGHT sensor headboard. Note that the I^2C pins SDA and SCLK must be tied to +3.3V with a pull-up resistor. Also, because the implementation uses only 8 bits per Image, data lines D0, D1, D2, and D3 are unconnected **3.5 Host Software** The host software's main function is to retrieve image data from the sensor and display the data in the form of a streaming video. The front end for the system is written in the Java programming language because of the ease with which graphical user interfaces can be programmed in it. Unfortunately, a satisfactory parallel port interface could not be obtained, so that portion of the system is written in C, and interfaced to the Java front end via the Java Native Interface (JNI). The main class, StreamCameraApp, simply instantiates the VideoStreamGUI class, which is an extension of the JFrame class. To store the image data, the MemoryImageSource class is used, allowing direct access to the raw image data and easy updating of the display. The VideoStreamGUI class provides a frame for the image to be shown, and creates and starts an instance of the FrameUpdateThread class. This is where the GUI interfaces with the native code and Image data is retrieved. The process of reading in a frame is encapsulated in the readFrame() native function. This involves a "start transfer" command being issued over the parallel port, followed by the reading in of the frame width, height, and Image data. The Image data is read one word at a time, with two 8-bit Image values stored per 16- bit word, so it must be unpacked and stored in the appro-

priate data structure for display. In this case, one 32 bit word is used per Image, with 8 bits allocated each to the alpha, red, green, and blue components. The grayscale intensity value is stored in each of the red, green, and blue components, along with an alpha value of 255 (max). Once the new data is stored, MemoryImageSource.newImages() is called and the display is automatically updated.

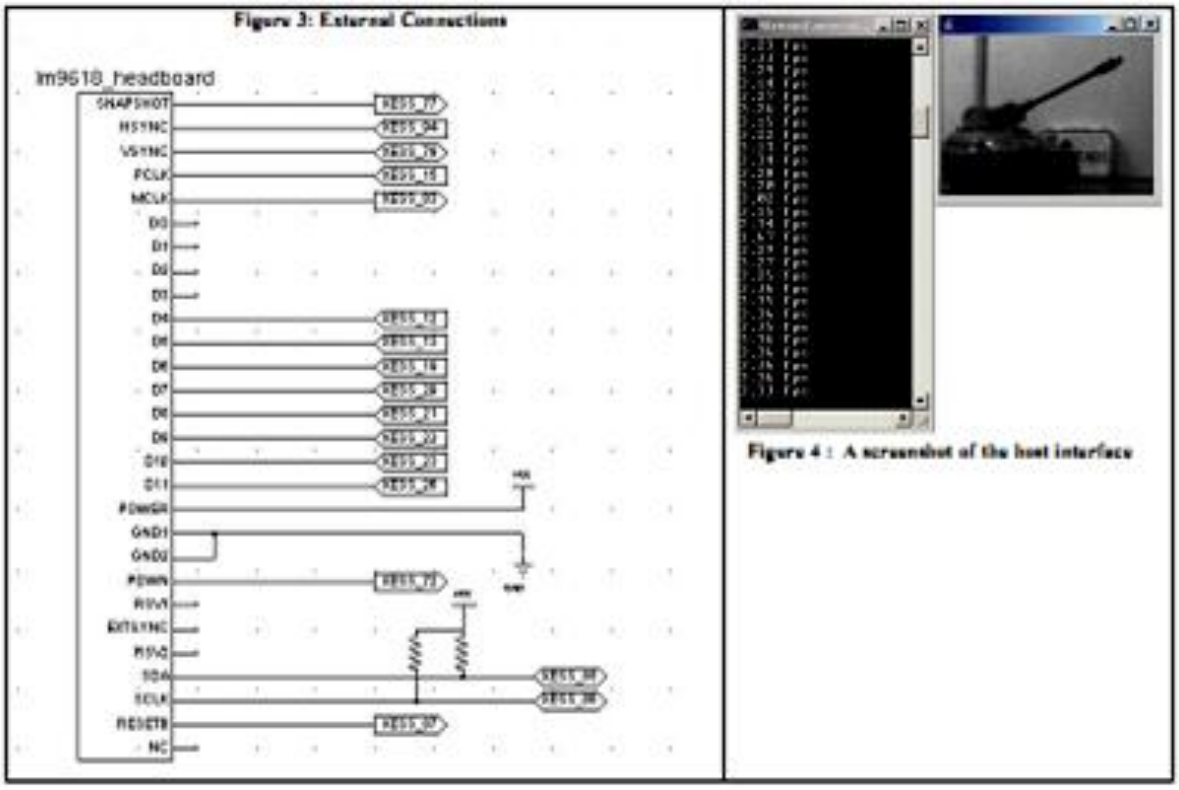


Figure 4 : A screenshot of the host interface

4. **Conclusion and Further Work**

One of the goals of this project was to create an FPGA-based camera system that future projects could serve as a starting point for future projects. Possibly the simplest improvement that could be made to this design would be to allow for the display of color images. Because National Semiconductor produces an identical LIGHT sensor with a Bayer Pattern color mosaic (LM9628), the RGB image planes could be produced within the host software and a color image could be displayed. A more advanced improvement would be the implementation of some image processing algorithms within the FPGA. In the current system the Images are simply read from the sensor and stored to memory, but it is easy to imagine a similar system in which some type of processing is performed on the image data before (or after) it is written to memory. The parallel nature of the FPGA allows algorithms to be run in real time, providing a huge advantage over CPU-based systems, where this might not be possible.

References

1. ez.analog.com/community/**fpga**
2. A community for the discussion of FPGA Reference Designs offered by Analog Devices. www.analog.com/en/alliances/topic.html
3. Analog Devices' Alliances and FPGA Reference Designs Analog Devices' Alliance Program makes it easier for customers to connect Analog Devices' ...
4. www.ztex.de/usb-**fpga**-1/**reference**_designs.e.html

5. Reference designs for USB-FPGA Boards. ZTEX USB-FPGA Boards require three different voltages, namely 1.2V, 2.5V-2.6V and 3.3V, which must be supplied ... www.altera.com/literature/
6. Oct 3, 2012 – 101 Innovation Drive. San Jose, CA 95134 www.altera.com. MNL-01072-1.1. Reference Manual. Cyclone V GX FPGA Development Board ...
7. zone.ni.com › ... › Manuals › LabVIEW 2012 FPGA Module Help
8. Opens a reference to the FPGA VI or bitfile and FPGA target you specify. Right-click the Open FPGA VI Reference function and select Configure Open FPGA VI ...
9. zone.ni.com › ... › Manuals › LabVIEW 2012 FPGA Module Help
10. Each host VI must open a reference to the FPGA VI, build specification, or bitfile that runs on the FPGA target. You can open a reference to any FPGA VI or build

APACHE SECURITY

Абдулмохсин Х., Батырканов Ж.И.
КГТУ им. И.Раззакова

Обосновано использование семантико-фреймовой модели представления знаний для оптимизации поиска в реляционных базах данных.

Abstract

Restricting the access of a web server to system resources limits the potential damage caused to those resources through exploitation of web server vulnerabilities. However, allowing the web server to access the required resources enables the web server to provide expected functionality. This combination of denying unnecessary access and allowing required access results in providing web server functionality while limiting damage.

To demonstrate this, we hosted the Apache Security, an operating system that enforces a mandatory access control policy.

By tailoring the Apache Security policy, we were able to control interaction between the Apache web server and other processes and files on the system.

The policy dictates that Apache is only allowed to display web pages and perform limited functions that support the display of web pages.

This work demonstrates the following.

∑ Apache Security is capable of supporting commonly used applications.

∑ Apache Security can confine applications so that a reduced level of risk is achieved when making applications available.

∑ Although confined, these applications provide the functionality expected by users.

Introduction. Commonly used applications, such as web servers, are often vulnerable to attack. To prevent attacks from being successful, known vulnerabilities can be eliminated by reducing application functionality or by implementing fixes or patches within the application source code. Reducing functionality is often not acceptable to users, and implementing fixes requires the cooperation of the vendor and is typically in reaction to damage that has already occurred.

An alternative is to reduce the level of risk by confining the application. Confining an application means to control the application's access to, and malicious damage to, system resources (e.g., processes and files).

[1] Linux is a registered trademark of Linus Torvalds. The LSM-based Security-Enhance Linux prototype is currently supported for kernel 2.4.17 and 2.5.2 with RedHat 7.1 or RedHat 7. 1. Red Hat is a registered trademark of Red Hat Software, Inc.

To adequately confine an application, the operating system that hosts the application must enforce a mandatory access control policy as specified by the system security administrator. An example of an operating system that provides mandatory access control features is Apache Security.

To demonstrate the feasibility of confining an application without reducing functionality, we hosted the Apache HTTP Server[2] on Apache Security and used features provided by Security-Enhanced Linux to confine Apache. This paper describes

1. potential damage caused as a result of exploitation of a web server,
2. Apache Security features,
3. how these features were used to confine the Apache web server, and
4. how potential damage resulting from exploitation of the Apache web server is reduced while still allowing Apache functionality.

Web Server Security Concerns

Sharing information and conducting business via the World Wide Web has become a critical requirement for most organizations. However, a web server that allows an organization to share information and conduct business could potentially be exploited to cause unauthorized modification or destruction of that information and other system resources.

Through various attacks, such as buffer overflow attacks, a malicious user could gain control of a web server process. Since web servers often run with enhanced privileges, the user who gains control of the web server process possesses enhanced privileges that can be used to cause damage to the system.

Even if a malicious user cannot gain control of the web server process, scripts potentially allow users to direct the web server to perform a malicious action. A Common Gateway Interface[3] (CGI) script accepts user input and submits it to the server for processing. For example, electronic purchasing forms and web site guest books are typically implemented through CGI scripts. Unfortunately, it is possible for a malicious user to enter executable code as input into a form or guest book. If the server executes that code, the server could cause damage to the system.

Another type of script is a Server Side Include (SSI). An SSI is a file that can be parsed by the web server to supply dynamic information for a web page, such as the current time and date. Executable shell commands or an interface to CGI scripts can be included in an SSI. For example, an SSI could include a statement such as <!--#exec cgi="runme.cgi"-->. The web server would execute runme.cgi when it parsed the SSI. If runme.cgi contained malicious code, the web server could cause damage when running the code.

Approaches to Reducing Risk. There are several approaches that can be taken to reduce the risk associated with a web server.

One of the easiest methods of reducing risk is to run the server as "nobody" [5]. This can either occur when the server is launched or whenever the server forks a process to handle a connection on port 80. However, once the server starts running as "nobody", the system administrator has to ensure that the server still has access to files it needs access to by setting permissions appropriately. This may result in granting wider access to certain files than is desired. This approach also doesn't prevent access to world-readable/writeable/executable directories and files, of which there are many on a typical system. If any of these executables happens to be setuid, it may be possible to obtain root privileges indirectly.

Another method of reducing risk is to tighten the configuration of the web server and either restrict or turn off functionality[6]. For instance, the web server could be configured to deny the use of SSI's or user-developed CGI scripts. This eliminates vulnerabilities but also eliminates functionality. It also requires the system administrator to have knowledge of web server configuration details.

[2] Developed by the Apache Software Foundation (http://www.apache.org)
[3] Specification at http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/

A third approach is to restrict the files and processes the web server has access to. The web server cannot damage files and processes that are inaccessible. This can be done using the *chroot()* system call. *chroot()* changes the root of the file system as it appears to the process. Any search for a file will start at this new root as if it were "/". This will cause, with appropriate choices being made as to directory structure, any other user files to disappear from the viewpoint of the process. For the same reason though, the file structure containing the various system binaries will also become inaccessible. This means that all of the manifold utilities and libraries that web servers need must be duplicated in the newly rooted file structure.

Creation of a *chroot()* 'jail' does not prevent root exploit attacks and barely slows down the malefactors when they succeed. All it takes is to execute *chroot()* with the appropriate path. Even if the web server is not running with root privileges, its enhanced privileges may be enough for the attacker to do some damage when it is penetrated.

Another approach addresses the dangers associated with CGI scripts. Wrappers, such as suEXEC [7], cgi-wrap [8], and sbox [9], are called by the server to execute user scripts rather than executing them directly. These wrappers then perform functions such as checking various system and file parameters, ensuring that only approved commands are called from the scripts, enforcing resource-usage limitations, changing the uid of the process to match the uid of the script, and calling *chroot()*. However, the wrapper approach only addresses the CGI script concerns, and not other web server concerns.

The solutions above represent a reasonable attempt to deal with the problems of web-hosting on a Linux platform.

However, they all suffer from administrative overhead and provide no defense against 'root exploit' attacks that lead to unwanted access. None of them deal with vulnerabilities in the base server or in other services running on that server. They also focus on controlling access of a process to a file, but do not address access of one process to another.

Apache Security. To more effectively address a wider range of server concerns, the operating system that hosts the web server must enforce a mandatory access control policy as specified by the system security administrator. One such operating system is Apache Security.

A general security policy configuration [10] is included with Apache Security. This general policy contains Type Enforcement[4] and Role-Based Access Control (RBAC) components.

With Type Enforcement, types are associated with processes and files, and the policy defines allowed interaction between types[5]. For example, the policy could state that a process of type *y_t* is allowed to write to a file of type *x_t*.

A security configuration uses Role Based Access Control by defining a set of roles, and associating a list of types with each role[6]. A process executing with a particular role must always be executing with one of the associated types; the security server will not permit it to transition to any other type.

Three roles are defined in the base security configuration.

- *system_r* is assigned to the user identity for system-owned processes and files (*system_u*),
- *sysadm_r* is assigned to system administrators,
- *user_r* is assigned to ordinary users

Each user process starts with an initial role assigned to that user, although processes may change roles.

Roles and types are associated with a process or file through a security context[7].

[4] Type Enforcement is a registered trademark of Secure Computing Corporation.

[5] This differs from traditional Type Enforcement where domains are associated with processes and types are associated with objects. Permissions are defined for both pairs of domains and for domain-type pairs.

[6] This differs from traditional RBAC where permissions are associated with roles.

[7] Since files do not transition between types as processes do, the role associated with a file has little function. Therefore, a default role of *object_r* is used for files.

The security context labels the process or file with a user identifier, a role, and a type. For example, when a user, John Smith, first logs in, the security context of his shell is jsmith: user_r:user_t. The security context of a process or file can change, or transition, as required and as allowed by the policy.

As previously stated, a general security policy configuration is included with Security-Enhanced Linux. This policy is intended as a starting point for system administrators to customize a policy to fit the security requirements of their system.

The Apache Securityarchitecture and implementation simplify policy changes by separating policy and enforcement functions. As shown in figure 1, an Object Manager receives requests for objects. The Object Manager queries a Security Server to see if the policy permits the requested action. The Security Server reads the current system policy and determines if the action is allowed or not. The Security Server sends its decision to the Object Manager, and the Object Manager enforces the decision. By separating the policy and enforcement, a change in policy does not require a modification to the enforcement mechanisms.

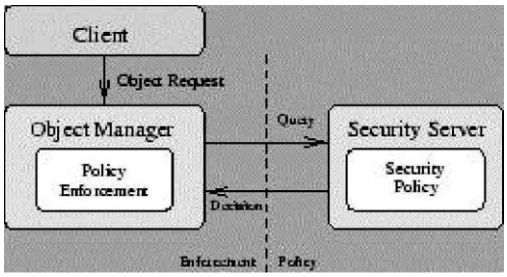


Figure 1.

Because of the flexibility of Security-Enhanced Linux, it is possible for Security-Enhanced Linux to both support and confine commonly used applications through modifications to the policy.

Confining Apache. Apache is a full-featured, open source web server that is packaged with RedHat Linux. Apache's primary role is to display web pages to users requesting the web pages. To properly display these web pages, Apache handles many of popular web technologies such as CGI scripts and SSIs.

The high-level policy we stated for Apache is:

∑ The Apache server is allowed to
- accept user requests for web pages,
- read web pages,
- execute scripts,
- check password protection on web pages and scripts, and
- display web pages back to the user.

∑ The system boot process is allowed to start the Apache server. ∑ The web administrator is allowed to
- create and modify system web pages,
- modify and execute system scripts,
- specify password protection on system web pages and scripts, and
- specify which files can be accessed by system scripts

∑ Users are allowed to
- send requests for web pages to the Apache server,
- modify user web pages,
- modify and execute user scripts,
- specify password protection on their web pages and scripts, and
- specify which files can be accessed by user scripts.

∑ Script processes are allowed to
- execute script interpreters and libraries
- read, write, and append specially marked files.

For Apache to provide its functionality, we determined that Apache requires access to various files and modified the high-level policy to allow the Apache server to do the following:

∑ send and receive messages to and from the network

∑ bind to port 80

∑ read web configuration files located in /etc/httpd/conf

∑ read and append to web log files located in /var/log/httpd

∑ execute system libraries and Apache-specific libraries

∑ call suEXEC prior to executing user scripts if Apache is configured to do so. To support this high-level policy, we defined a

role for the web administrator called *httpd_adm_r*. We also defined new types required to control Apache processes and files. Apache processes and files and their assigned types and roles are listed in After defining these types, we used the Apache Security policy language to specify a "formal" policy that implemented the high-level policy.

This "formal" policy is described below and is depicted in figure

Summary. This work demonstrates how the Apache web server can be confined to limit the potential damage caused if vulnerabilities associated with the Apache web server are exploited.

In addition, we have also shown that Apache Security can support commonly used applications.

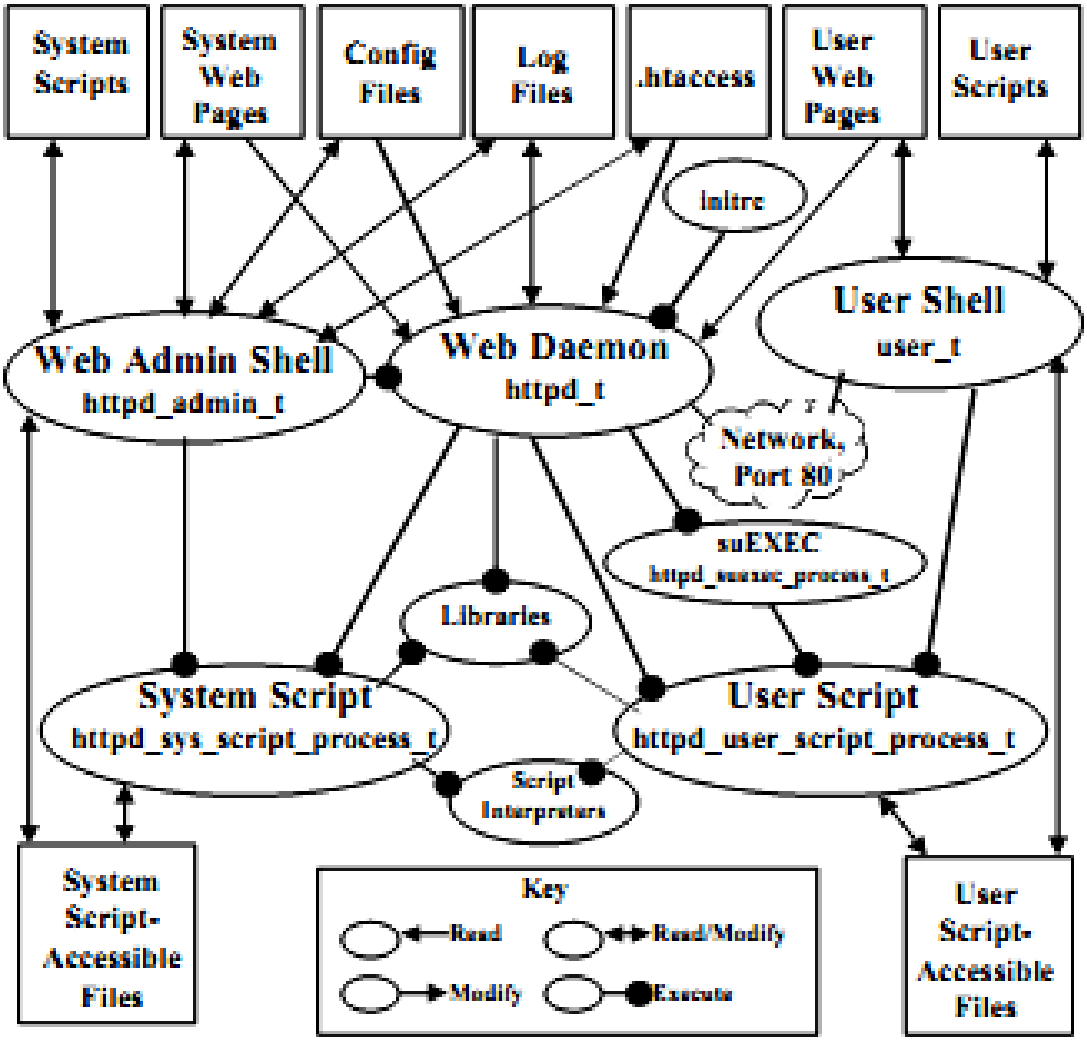
Therefore, users do not have to forgo their preferred applications to take advantage of the security features provided by Security-Enhanced Linux.

Because Apache Security separates enforcement from policy, the system administrator can tailor the policy to confine site-required applications, as was done with Apache. Tailoring the policy to confine the applications results in a reduced level of risk when making these applications available.

Because of the flexibility of the Apache Security policy, the policy is able to confine an application without reducing the application's functionality expected by the users.

Process or File	Type	Role
Apache daemon (server process)	httpdt	system_r
System web pages (.html or .htm files)	httpd_sys_content_t	object_r
User web pages (.html or .htm files)	httpd_user_content_t	object_r
System script file	httpd_sys_script_t	object_r
User script file	httpd_user_script_t	object_r
Files that provide web password protection on system directories	httpd_sys_htaccess_t	objectr
Files that provide web password protection on user directories	httpduserhtaccesst	objectr
Apache configuration files located in /etc/httpd/conf	httpd_config_t	object_r
Apache log files located in /var/log/httpd	httpdlogfilest	objectr
Libraries included with Apache	httpdmodulest	objectr
Apache executable file	httpdexect	objectr
Web administrator shell process	httpd admint	httpdadmr
System script process	httpd_sys_script_process_t	system_r
User script process	httpd_user _script_process_t	user r
Files that can be read by system scripts	httpd_sys_script_r_t	objectr
Files that can be read and written by system scripts	httpd_sys_script_rw_t	objectr
Files that can be appended by system scripts	httpd_sys_script_a_t	objectr
Files that can be read by user scripts	httpduserscriptrt	objectr
Files that can be read and written to by user scripts	httpduserscriptrwj	objectr
Files that can be appended to by user scripts	httpduserscriptaj	objectr
suEXEC executable	httpdsuexect	objectr
suEXEC process	httpd_suexec_process_t	system_r

FIGURE 2



References

1- The World Wide Web Security FAQ http://www-genome.wi.mit.edu/WWW/faqs/www- security-faq.html#contents

2- Apache suEXEC Support, http://httpd.apache.org/docs/ suexec.html

3- sbox,http://stein.cshl.org/WWW/software/sbox/

4- P. Loscocco and S. Smalley. Integrating Flexible Support for Security Policies into the Linux Operating System. Technical report, NSA and NAI Labs, February 2001.

5- Computer Incident Advisory Capability web site http://ciac.llnl.gov//ciac/documents/ciac2_308.html#4

УДК 621.396.6

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЗАДАННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Оморов Т.Т. [1]***, Асылбеков Н.С.*** [2]***, Кыдыралиева Г.Ж.*** [2]
[1]***(Национальная академия наук Кыргызской Республики, центр научно-образовательных программ)***
[2] ***(Карабалтинский технологический институт при КГТУ им. И. Раззакова, кафедра «Техника и информационные технологии»)***

В статье рассмотрен подход к решению задачи поиска неисправностей в цифровых системах на основе анализа нейронной сети.

Решена задача определения неизвестной функции-оператора для заданной нейронной сети.

Введение. Способность нейронных сетей к обучению по наблюдаемым примерам и формированию приемлемых выводов на базе неполной и неточной входной информации является неоспоримым преимуществом при решении различных задач в слабоформализованных областях знаний, в том числе в задачах диагностики неисправностей цифровых систем (ЦС).

Целью исследования является выявление возможности привлечения искусственных нейронных сетей при поиске места отказа в цифровых системах.

Методами исследования являются методы и алгоритмы теории искусственного интеллекта (в частности, экспертные системы) и подходы искусственных нейронных сетей.

Построение экспертных систем (ЭС) в рамках общей методики поиска неисправности в ЦС предполагает интеграцию системы, основанной на знаниях, с нейросетевой технологией.

По определению [1], под нейронной сетью понимают совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих нейронов, предназначенную для приема, переработки и выдачи дискретной информации.

Постановка задачи. Пусть задана некоторая сеть $F=\varphi(\psi_1, \psi_2,..., \psi_\delta)$, в которой известны функции $\psi_1, \psi_2,..., \psi\delta$ и результирующая функция сети F. Необходимо определить неизвестную функцию-оператор φ.

Для решения данной задачи предлагается использовать алгоритм определения функции элементов сети (рис. 1).

Данный алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Последовательно для каждой ячейки $[\varphi]_i$ проверить символ «1» на удовлетворение результирующей функции, то есть проверить, сохраняются ли символы в F[2].

2. Проверить для данной ячейки символ «0» на удовлетворение результирующей функции.

3. Если при испытании символ «1» подтверждается, а символ «0» не подтверждается, то для данного минтерма установить символ «1». В противном случае установить символ «0».

Рассмотрим пример. Пусть известны функция, реализуемая схемой комбинационного устройства-F, а также функции элементов 2,3,4 (функции нейронов $\psi_{11},\psi_{12},\psi_{13}$) (рис. 2).

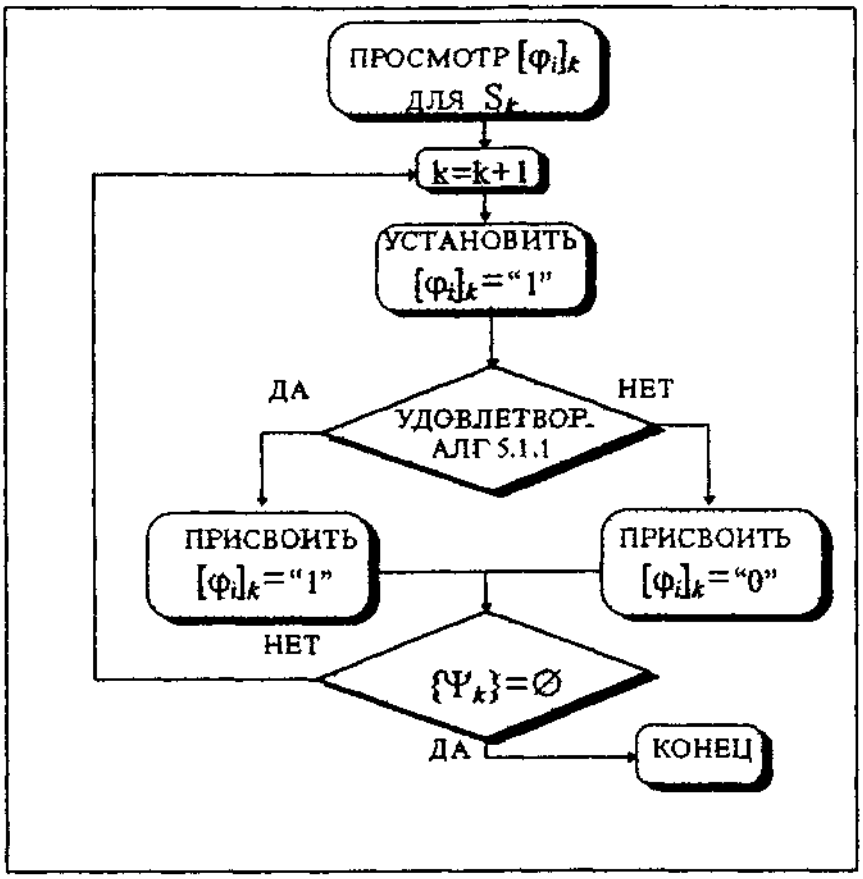


Рис. 1. Алгоритм определения функции элементов сети

Матрица диаграмм определения функции φ приведена в табл. 1.

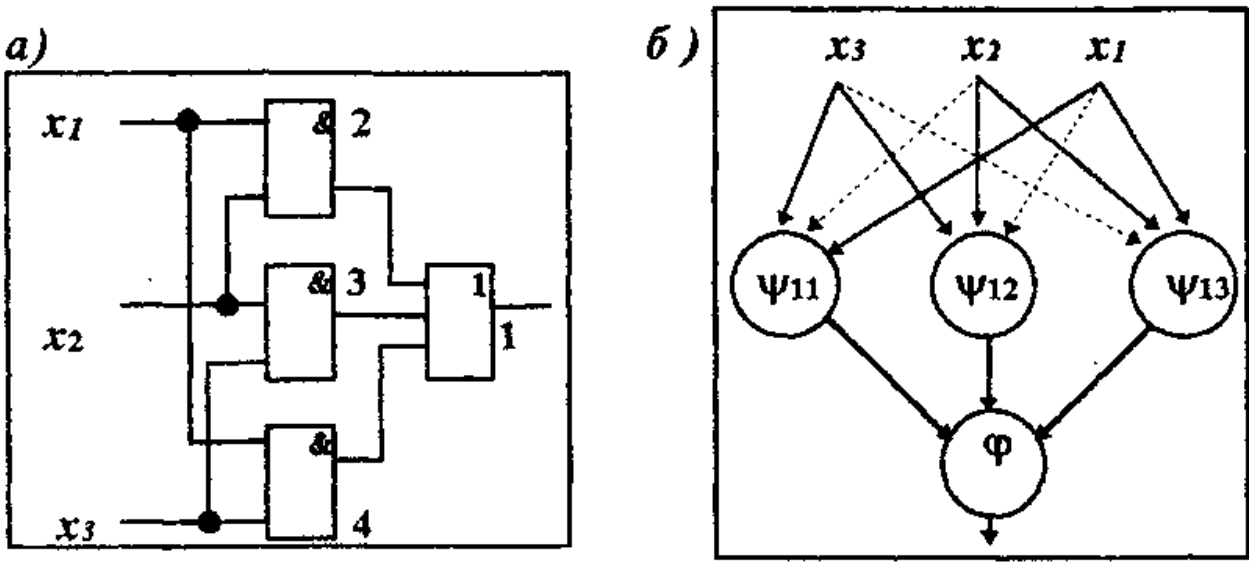


Рис. 2. Схема комбинационного устройства: а) схема электрическая принципиальная, б) эквивалентная нейронная сеть

Таблица 1

Матрица диаграмм определения функции φ

<α>	ψ_{11}	ψ_{12}	ψ_{13}	φ	F	
000	0	0	0	0	0	**S_0**
001	0	0	0	1	0	**S_1**
010	0	0	0	1	0	**S_2**
011	0	1	0	0	1	**S_3**
100	0	0	0	1	0	**S_4**
101	0	0	1	0	1	**S_5**
110	1	0	0	0	1	**S_6**
111	1	1	1	1	1	**S_7**

Требуется определить функцию, реализуемую элементом 1 (рис. 2,б), соответствующей оператору сети φ.

Испытания начинаются с ячейки S_0, которой соответствует двоичный набор <000>. Данный набор имеется в ячейках $[\psi_i]_{0,1,2,4}$ (S_0,S_1,S_2,S_4) и в соответствующих ячейках $[F]_{0,1,2,4}$ записан «0», поэтому, согласно алгоритму 1, «1» в $[\varphi]_o$ не удовлетворяет, а «0» удовлетворяет F.

Следовательно, ячейке $[\varphi]_0$ присваивается «0». Следующей ячейке S_1 соответствует набор <001>, который имеется в $[\psi_i]_5$, и в соответствующей ячейке $[F]_5$ записан «1», следовательно, $[\varphi]_1$ присваивается «1». Аналогично определяются остальные элементы $[\varphi]_i$.

Результаты испытаний приведены в табл. 2, где знак «+» означает, что испытуемый символ удовлетворяет результирующей функции, а знак «-» - нет.

Таблица 2

Результаты испытаний при определении функции φ_i

Шаг	$[\varphi]_i$	Испытуемый символ	Результат испытаний	Испытуемый символ	Результат испытаний	Общий результат (символ в $[\varphi]_i$)
1	S_0	0	+	1	-	0
2	S_1	0	-	1	+	1
3	S_2	0	-	1	+	1
4	S_3	0	+	1	+	0
5	S_4	0	-	1	+	1
6	S_5	0	+	1	+	0
7	S_6	0	+	1	+	0
8	S_7	0	-	1	+	1

Как видно из таблицы, искомая диаграмма φ получается после восьми шагов испытаний. Очевидно, что это одна из задач, которая решается при поиске неисправности в цифровой системе.

Основным результатом данной работы является то, что исследована и показана возможность привлечения подходов технологии нейронных сетей при решении задач поиска неисправностей в цифровых системах. Результаты исследования обсуждались на научных семинарах лаборатории «Адаптивные и интеллектуальные системы» НАН КР, кафедры «Техника и информационные технологии» КТИ при КГТУ им. И. Раззакова и на Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании» (г. Бишкек, 2011 г.).

Выводы. С помощью моделей нейронных сетей можно воспроизвести любую потенциальную ошибку как на структурном, так и на элементном уровнях. Кроме того, модели нейронной сети позволяют решать задачи диагностики как в комбинационных, так и в последовательностных цифровых устройствах (конечные автоматы без памяти и с памятью).

Литература

1. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 176 с.
2. Асылбеков Н.С. Решение задачи диагностики в дискретных устройствах на основе анализа нейронной сети / Наука и новые технологии, № 1. Б., 2005. С. 45-49.

УДК:004.383.4:004.822

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ АКИМАТОМ НА БАЗЕ СЕТИ ПЕТРИ

Боскебеев К.Дж., Абдраупова Г.Р.

Эффективным инструментом реализации имитационной модели является аппарат теории Сетей Петри (СП). СП являются удобным средством решения задач, связанных с анализом данных и моделированием управления в акимиате. Перспективной областью исследований является применение аппарата СП для имитационного моделирования управления акимиатом.

Прикладная теория СП связана главным образом с применением их к моделированию систем, их анализу и получающимся в результате этого глубоким проникновением в моделируемые системы.

Формальное описание Сетей Петри [1,2,3]:

$C = (P,T,I,0)$,

где $P =(p_1 ,p_2,...,p_n)$- - конечное множество событий, $n \geq 0$;

$T=\{t_1,t_2,...,t_m\}$ - конечное множество переходов, $m \geq 0$; множества P и T не пересекаются, т.е. $P \cap T = 0$.

I - входная функция, отображающая переход t_i в множество событий $I(t_j)$, называемых входными событиями перехода;

O - выходная функция, отображающая переход t_j в множество событий $O(t_j)$, называемых выходными событиями перехода.

События p_i является входной событий перехода t_j в том случае, если $p_i \in I(t_j)$; p_i является выходной событий, если $p_i \in O(t_j)$.

При работе СП удобно использовать графическое представление сети. Теоретико-графовым представлением СП является двудольный ориентированный мультиграф, т.к. он допускает существование кратных дуг от одной вершины графа к другой. Двудольность графа СП означает, что он обладает двумя типами узлов. Кружок **o** является событием, а планка | - переходом. Ориентированные дуги соединяют событие с переходами и наоборот.

События могут быть маркированными. Маркировка m есть присвоение фишек событиям СП. Фишки используются для определения выполнения сети. Выполнением СП управляют количество и распределение фишек в сети посредством запуска переходов. Переход запускается удалением фишек из его входных событий и образованием новых фишек, помещаемых в его выходные события.

Формально может быть записана Маркированная СП в виде [4,5,6]:

M =(P,T,I,0,m)

Переход может запускаться только в том случае, когда он разрешен. Переход называется разрешенным, если каждое из его входных событий имеет число фишек по крайней мере равное числу дуг из событий в переход. Переход запускается удалением всех разрешающих фишек из его входных событий и последующим перемещением в каждое из его выходных событий по одной фишке для каждой дуги. Запуск перехода в целом заменяет маркировку m СП на новую маркировку m'.

Функционирование СП описывается формально с помощью множества последовательностей срабатывания переходов, из чего легко получается и последовательность маркировок-множество достижимых в сети разметок. Эти две последовательности представляют описание выполнения СП. Если СП описывает функциональную схему моделируемой системы, то работа сети моделирует процесс, происходящий при функционировании системы.

При имитационном моделировании топологической схемы и управления акимиатом с использованием СП необходимо определение некоторых дополнительных условий и допущений для обычной СП.

При определении соответствия событий и переходов СП объектам при имитационном моделировании необходимо иметь в виду, что представление процесса или системы Сетью Петри основано на двух понятиях: событиях и условиях. События - это действия, имеющие место в системе. Возникновением событий управляет состояние системы, которое может быть описано условиями. Для того, чтобы событие произошло, необходимо выполнение соответствующих условий.Поэтому для эффективного управления акимиатом необходимы бизнес-процессы, поступления документов от жителей сел и министерств КР и других источников: сырьевых, промежуточных и товарно-продуктовых. Дуги описывают материальные потоки и документы.

Главными особенностями СП, делающими их очень удобными для имитации сложных систем, имеющих последовательно-параллельную структуру, являются свойственные СП и их моделям одновременность и асинхронность. В ИМ (имитоционном моделировании) на основе СП два разрешенных невзаимодействующих события могут происходить независимо друг от друга. Синхронизировать события, пока это не потребуется моделируемой системе, нет надобности. Но когда синхронизация необходима, моделировать ее легко.

Структура СП такова, что содержит в себе всю необходимую информацию для определения возможных последовательностей событий. Выполнение СП, отражающее поведение моделируемой системы управления, можно рассматривать как последовательность дискретных событий. Порядок появления событий является одним из возможных, допускаемых основной структурой.

Названные особенности и возможность моделирования определяют отличия ИМ на базе СП от рассмотренной выше многостадийной сетевой математического моделирования акимата.

Управление акимиатом образует структуру с последовательно-параллельным соединением подразделений (бухгалтерия, служба маркетинга, экономический отдел и.т.д.), и здесь возможно существование обратных связей. Для этих случаев принимается, что соответствующее событие, введенное для отражения обратной связи, имеет постоянную фишку.

Выполнение СП начинается с запуска начальных переходов. Один цикл расчета, реализующий выполнение СП и представляющий собой последовательность маркированных состояний сети, моделирует работу управления акимиатом в течение суток.

При запуске переходов происходит расчет финансов в соответствии с поступающей на вход перехода (бухгалтерии) величины объема финансов, и эти данные фиксируются. При маркировке событий (бухгалтерии) происходит рас-

чет баланса. В случае разбаланса производится индикация критической ситуации и выдается сообщение лицу, принимающему решение (ЛПР). Т.е. если в событии p_i есть фишка, то производится расчет баланса и при возникновении разбаланса, несмотря на наличие фишки в событии и формальное разрешение на запуск следующего перехода на выходе события p_i, он не запускается, а выдается информация ЛПР о возникновении критической ситуации или узкого места. Т.о. этот переход в данный момент не срабатывает. После расчета баланса в событии p_i на вход t_j подается количество финансов, соответствующее требуемой номинальной или плановой финансирования на данном этапе расчета.

Однако, если даже в p_i баланс соблюдается, но к подаче в t_j готово количество финансов, меньшее минимально допустимой финансов, то в этом случае также не происходят активизация и запуск выходного перехода t_j, т.е. фишка не передается дальше по сети. Вновь ЛПР выдается информация о возникновении узкого места. Во время выполнения сети каждый переход запускается один раз в цикле. Фишки задают такты и маркируют переходы, которые должны сработать, отражая последовательность обработки финансов. Поэтому количество фишек на входе и выходе сети неодинаково.

Количественные и качественные показатели, характеризующие вырабатываемые объемы продуктов, коэффициенты ликвидности и другие экономические показатели, фиксируются после каждого срабатывания.

При использовании ИМ на базе СП для прогнозирования производственных ситуаций для различных вариантов графика ремонтов, т.е. когда простаивают на ремонте те или иные установки, выполняется перенастройка модели, связанная с перенесением потоков (дуг) от одних объектов (узлов) к другим. Перенастройка происходит на основе предусмотренных возможных вариантов схем переориентации потоков.

Рассмотрим фрагмент технологического ремонта устройств, представленный графом СП (рис. 1). Рассматриваемые позиции, переходы и дуги представлены сплошными линиями и обозначены Структура сети определяется следующим образом.

$P\{p_1,p_2,\ldots,p_n\}$

$T\{t_1,t_2,\ldots,t_n\}$

$I(t_1)\ \{p_1\}, O(t_1)\ \{p_3\};\ I\{t_2\}\{p_2\};\ O\{t_2\}\{p_4\};$

$I(t_3)\ \{p_3\}, O(t_3)\ \{p_5,p_6,p_7\};\ I\{t_4\}\{p_4\};\ O\{t_4\}\{p_6,p_9\};$

$I(t_5)\ \{p_5,p_6\}, O(t_5)\ \{p_{10}\};\ I\{t_6\}\{p_7\};\ O\{t_6\}\{p_{11}\};$

$I(t_7)\ \{p_8,p_9,p_{10}\}, O(t_7)\ \{p_{12}\};\ I\{t_8\}\{p_{10}\};\ O\{t_8\}\{p_{13}\};$

Возможная траектория выполнения СП:

$$t_1t_2\text{-}t_3t_4\text{-}t_5t_6\text{-}t_7t_8$$

С помощью описанных выше принципов реализации математической модели на базе СП можно моделировать работу как отдельных подразделений акимата, так и работу комплекса в целом. Это расширяет возможности ИМ и делает ее применимой, в частности, для решения задач эффективного управления, где необходимы получение прогнозов развития ситуаций и анализ вариантов решений в оперативные интервалы времени.

При управлении акимиатом возникают такие проблемы:

- преодоление сложности (сложности управления возникают тогда, когда приходится делать выбор из множества возможных решений);

- управление акимиатом требует организации больших объемов информации;
- как уменьшить информацию до того уровня, который необходим для принятия решения (потеря информации, поступающей от объектов, работающих в реальном режиме времени, может существенно сказаться на результате);
- нехватка времени на принятие решения (проявляется по мере усложнения производства);
- проблема координации (решения необходимо координировать с другими звеньями процесса или объекта);
- необходимость сохранения и распространения знаний очень опытных экспертов, полученных ими в процессе многолетней работы, и большого практического опыта. Проблема извлечения знаний и их распределения - сегодня одна из главных проблем.

Для решения этих проблем необходимо решить следующие задачи:

1. Провести системный анализ работы акимиата с помощью CASE - технологии.
2. Формализовать закономерности управления акимиатом с помощью СП и теории информационных процессов и систем.
3. Создать базу данных акимиата, используя СУБД SQL Server 2008 R2.

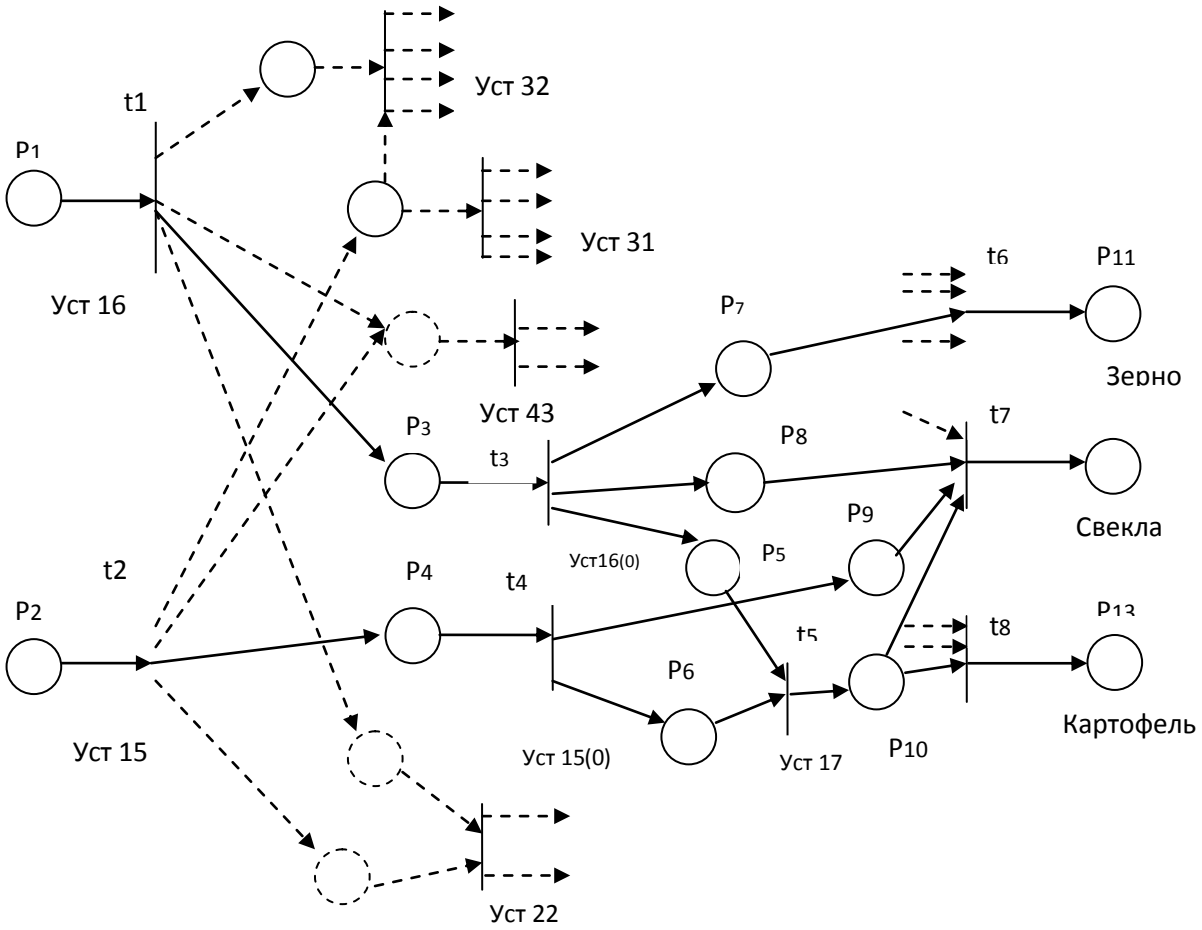


Рис. 1. Технологический ремонт устройств, представленный графом Сети Петри.

Выводы. В дальнейшем предложим интеллектуальную информационную систему управления акимиатом (экономиста) на базе формальных систем принятий решений и имитационного моделирования Сети Петри.

Литература

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 264 с.
2. Jensen K. Coloured Petri Nets and the Invariant Method// Theor. Comput. Sci. 1981. Vol. 14. N 3. P. 317-336.
3. Collahan J.E. Timing Reguirements for Time-Driven System Using Augmented Petri Nets// IEEE Trans. on SE. 1983. Vol. 9. N 5. P. 603-616.
4. Sifakis J. Use of Petri Nets for Performsnce Evaluation Measuring, Modelling and Evsluation of Computer Systems/ Proc. of the Third Workshop on Modelling and Performance Evsluation of Computer Systems. Amsterdam. North-Holland. 1977. 75-93.
5. Gruetzner R. Konzeptionelle Grundlagen der Modellierung und Simulation von Software auf der Basis modifizierter Petri-Netze. Berlin:Humboldt-Universitaet,1984.210 S.
6. Sifakis J. Comportement permanent des reseaux de Petri temporizes//AFCET Journees sur les reseaux de Petri. Paris, 1977. P. 227-247.

УДК:65.011.56:629.014.1

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Баймухамедов М.Ф., Батырканов Ж.И.

Для железнодорожного транспорта выделяются основные типы задач автоматизации. Предлагается структуры математических моделей постановки основных задач управления.

Транспорт призван обеспечить экономические связи страны надежными и эффективными связями. Рыночная экономика более динамична. Следовательно, транспорту необходима также более гибкая технология. Для этого необходимо не только совершенствовать систему управления, но и повышать управляемость транспортной системы. Это двуединый процесс, в котором последняя часть, к сожалению, не осознается, ей не посвящаются исследования, и даже упоминания о ней вызывают сопротивление специалистов.

Транспортная связь - это не единичная перевозка, а совокупность, обеспечивающая нормальное экономическое взаимодействие. Скажем, равномерный подвод руды от группы разноудаленных отправителей. Экономическое отличие этих задач: в первом случае снижаются собственные затраты транспорта на перевозку, во втором - полная транспортная составляющая, включая стыковые потери. В функции «перевозки» стыковые потери относятся на производство, в функции «транспортное обслуживание» - на транспорт. Только во втором случае можно говорить о доставке груза «от двери до двери». Функции управления потоками по приоритетности выстраиваются так:

- управление грузопотоками;
- управление вагонопотоками;
- управление поездопотоками.

Управление грузопотоками - это новая функция. Согласованный подвод грузов к портам, пограничным переходам, крупным потребителям потребует изменения технологии перевозок - она должна стать более гибкой.

Транспорт должен научиться работать в разных режимах. Управление потоками потребует новой, более детальной системы мониторинга движения грузов, а также создания единой информа-

ционной среды железнодорожного транспорта с портами, потребителями, зарубежными транспортными системами.

В этом случае транспорт может даже опережать требования экономики. Многие экономические связи не осуществляются, потому что не обеспечены надлежащими транспортными связями. Можно сделать опережающий анализ и сделать опережающее предложение. Именно в этом смысле «транспорт может стать локомотивом экономики».

Автоматизация управления на транспорте, в особенности на железнодорожном, требует вложения огромных средств. Поэтому нужно четко понимать основные задачи управления, чтобы получить соответствующую отдачу.

Рассмотрим это для железнодорожного транспорта с общесистемных позиций. Управление является функцией состояния.

В общем случае состояние S(t) описывается как:

$$S(t) \equiv \left(\tilde{S}(t), \overset{\mu}{S}(t) \right), \qquad (1)$$

где $\tilde{S}(t)$ - состояние инфраструктуры;

$\overset{\mu}{S}(t)$ - наполнение инфраструктуры, т.е. потоки в сети и вагоны (составы) в межоперационных простоях.

Выделим состояние и наполнение инфраструктуры:

Состояние инфраструктуры:

$$\tilde{S}(t) \equiv \left(\{U_i(t)\}, \{Q_j(t)\} \right), \qquad (2)$$

где U_i(t) - пропускная способность канала в момент;

$Q_j(t)$ - вместимость бункера (число путей в парке и т.п.).

Наполнение инфраструктуры:

$$\overset{\mu}{S} \equiv \left(\{u_i(t)\}, \{q_j(t)\} \right), \qquad (3)$$

где $u_i(t)$ поток i-го канала;

$q_j(t)$ - заполнение j-го бункера (число вагонов в парке и т.п.)

Одной из важнейших задач управления является поддержание устойчивого состояния системы, то есть ее работоспособности.

$$S^*(t) \equiv \left(\{U_i^*(t)\}, \{Q_j^*(t)\}, \{u_i^*(t)\}, \{q_j(t)\} \right). \quad (4)$$

В устойчивом состоянии система работает с согласованными технологическими параметрами (величина потоков и число локомотивов, загрузка сортировочных горок и др.).

Эффективное управление должно уводить состояние от опасных границ.

Опасные границы:

а) для инфраструктуры:

$$\forall i \left| \underline{U_i}(t) \le U_i \le \overline{U_i} \right.,$$

$$\forall j \left| \underline{Q_j}(t) \le Q_j \le \overline{Q_j} \right.;$$

$$\forall i \left| \underline{U_i}(t) \le U_i \le \overline{U_i} \right.,$$

$$\forall j \left| \underline{Q_j}(t) \le Q_j \le \overline{Q_j} \right.; \qquad (5)$$

b) для наполнения: $\forall i \left| \underline{u_i}(t) \le u_i \le \overline{u_i} \right.$

,

$$\forall j \left| \underline{q_j}(t) \le q_j \le \overline{q}_j \right. \qquad (6)$$

Состояние инфраструктуры – это совокупность состояний ее основных элементов:

$$U_i(t) \equiv \left(\{S_i^{\alpha}(t)\}, \{S_i^{\beta}\}, \{S_i^{\gamma}\}(t) \right), \qquad (7)$$

где $S_i^{\alpha}(t)$ - состояние путевого хозяйства;

$S_i^{\beta}(t)$ - состояние устройств автоматики и связи;

$S_i^{\gamma}(t)$ - состояние локомотивного хозяйства (возможность обеспечения локомотивами движения на участке), включая расположение локомотивов на полигоне.

ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ



Рис. 1.

Тогда все многообразие управления на железнодорожном транспорте сводится, по сути, к четырем основным типам:

1. $\tilde{\tilde{Y}} \equiv \{\tilde{\tilde{\gamma}}_\kappa\}$- решения по поддержанию состояния инфраструктуры, близкого к устойчивому,

где $\tilde{\tilde{\gamma}}_\kappa$- решения по поддержанию путевого хозяйства, устройств автоматики и связи, локомотивного хозяйства, в том числе «переброска» локомотивов.

2. $\overset{\mu}{Y} \equiv \left\{\overset{\rho}{\gamma}_n\right\}$- решения по поддержанию ритмов работы сети, то есть нормативного наполнения инфраструктуры.

3. $\overset{t}{Y} \equiv \left\{\overset{t}{\gamma}_m\right\}$- решения по управлению грузопотоками, так как

$$\overset{t}{u}_i(t) \equiv \left\{\overset{t}{u}_j^{\,i}(t)\right\},$$

где $\overset{t}{u}_j^{\,i}(t)$- струя грузопотока. Так что при одном и том же потоке $u_i(t)$ на участке (полигоне) множество грузовых струй $\overset{t}{u}_j(t)$ может быть разным.

4. $\overset{t}{\mathrm{Y}} \equiv \left\{ \overset{t}{\gamma}_{\rho} \right\}$ - управление потоками порожняка. Так как порожняк $u_i(t)$ может состоять из разных струй вагонов $u_q^i(t)$, т.е.

$$u_i(t) \equiv \left\{ u_q^i(t) \right\}.$$

И для этих типов необходимо вырабатывать критерии и методы и строить информационную среду, адекватную модели перевозочного процесса.

Для получения такой модели необходимо в реальном времени собирать и обрабатывать информацию, непрерывно поступающую от многочисленных АРМ-ов и устройств автоматики по всей стране.

Колоссальный объем передаваемой и обрабатываемой информации потребует резкого усиления сети передачи данных и мощности вычислительных центров. На железнодорожном транспорте должна быть построена масштабная телекоммуникационная сеть. В основе - оптоволоконная магистраль большой пропускной способности, дублируемая системой спутниковой связи.

В этой мощной и сложной телекоммуникационной среде должен функционировать ряд прикладных информационных систем железнодорожного транспорта (рисунок 1).

Из разрозненных систем, показанных на рис.1, должна быть построена единая модель перевозочного процесса (ЕМПП) в современной программно-технической среде и на современных принципах.

Литература

1. Акулиничев В.М., Козлов П.А. Проблемы и перспективы использования экономико-математических методов при оптимизации транспортных узлов.// Сб. научн.тр./ Проблемы развития сортировочных станций и узлов./ М.: МИИТ, 1983. - с.13-25.
2. Ратин А.С. Динамический подход к задаче определения очередности обслуживания грузовых пунктов станции.// Сб. научн. тр./ Вопросы эксплуатации и экономики железных дорог./ М.: МИИТ, 1977. - с.56-65.
3. Сотников Е.А. Планирование работы станций с использованием ЭВМ. - М.: Транспорт, 1973. - 51 с.
4. Позамантир Э.И. Оптимальное оперативное планирование потоков продукции и работы транспорта. - В кн.: Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта. Под ред. Л.В. Канторовича и В.Н. Лившица. - М.: Наука, 1982. - с. 275-295.

УДК 681.513.68:004.853.3:378.147

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ASET

Баймухамедов М.Ф.

В работе для сетевых и автономных режимов обучения предлагается адаптивный процесс обучения. Разработана структура блочно-модульного построения системы обучения.

Системы электронного обучения в настоящее время активно исследуются и развиваются и уже успели пройти путь в пять поколений, начиная от систем обучения по переписке, больше известных в СССР как системы заочного обучения, и кончая системами гибкого интеллектуального обучения, определяющими настоящее и будущее дистанционного образования и базирующимися на Web-технологиях.

Современные системы электронного обучения (СЭО), предназначенные для использования как в традиционном учебном процессе образовательного учреждения при проведения учебных занятий, так и при самостоятельной работе обучаемого, получили широкое распространение благодаря ряду своих принципиальных достоинств. К ним относятся, в первую очередь, возможности организации массового обучения с учетом индивидуальных характеристик обучаемых; предоставления обучаемым независимо от времени и места нахождения широкого спектра образовательных услуг; управления обучением по заданному сценарию; организации обучения как с использованием коммуникационных технологий, так и в автономном режиме, позволяющем снизить негативное влияние недостаточного уровня развития телекоммуникаций в системе образования; всестороннего формализованного контроля за процессом и результатами обучения; встраивания мультимедийного учебного контента, улучшающего восприятие обучаемым учебного материала; интерактивной работы обучаемых с учебным контентом, использования системы помощи и подсказок, взаимодействия обучаемых как между собой, так и с преподавателем. Это способствует улучшению усвоения учебного материала, повышению качества обучения и др.

Проведенный анализ материалов исследований, посвященных проблеме электронного обучения, показал, что существующие подходы не позволяют проводить эффективное обучение в СЭО в связи с отсутствием моделей и методов управления электронным обучением на базе адаптивной сборки учебного контента, недостаточной проработкой подходов к структурированию, декомпозиции и установлению семантических связей обучающих и контролирующих дидактических единиц учебного контента, а также методов их обработки в системе обучения. Отсутствуют модели и методы реализации комбинированной технологии обучения в СЭО, использующей в сетевом и автономном режиме идентичные механизмы управления обучением.

Таким образом, актуальным является решение научно- технической проблемы создания системы адаптивного управления электронным обучением, обеспечивающей повышение эффективности процесса обучения и приближение его по основным показателям к процессу обучения с преподавателем. Решение указанной проблемы направлено на разработку принципиально нового класса СЭО с комбинированным режимом работы, сочетающим в себе достоинства сетевого и автономного режимов обучения и позволяющего:

а) предоставлять обучаемому адаптивный учебный материал, генерируемый СЭО в процессе взаимодействия с обучаемым из дидактических единиц учебного контента, хранимых в системе обучения, моделируя с преподавателем процесс обучения и повышая его результативность [1];

б) управлять обучением на базе использования в учебном процессе сетевых и автономных агрегативных учебных модулей, содержащих учебный контент и программные процедуры его обработки, обеспечивая повышение функциональности СЭО [2];

в) осуществлять автоматизированную сборку необходимого обучаемому учебного контента по результатам контроля усвоения им учебного материала на основе тестирования в СЭО, сокращая непродуктивное время на самостоятельный поиск обучаемым учебного материала;

г) реализовать комбинированный режим работы СЭО, обеспечивающий управление обучением как при сетевом доступе обучаемого к информационно-обучающим ресурсам СЭО, так и при работе с автономными учебными модулями, снижая негативное влияние недостаточного уровня развития коммуникаций в системе образования.

Вышеуказанные особенности и характеристики СЭО были учтены при раз-

работке адаптивной системы электронного обучения ASET.

Система ASET ориентирована на поддержку дистанционного обучения и предполагает четыре типа пользователей: студенты, инструкторы, лекторы и администраторы. Все пользователи осуществляют доступ к системе через стандартный WeЬ-браузер, который представляет HTML-документы, предоставляемые HTML-сервером на стороне сервера [3].

После авторизации пользователя в качестве студента открывается подходящее меню команд. Система ASET поддерживает три уровня процесса обучения:

1. Когда студент изучает теоретический материал в некоторой специфической области с использованием гипертекстовых учебников и задачников.

2. Когда система тестирует концептуальные знания студента, соответствующие изученному теоретическому материалу.

3. Когда студент под управлением системы выполняет учебные проекты, решая задания и упражнения.

Третий уровень рассматривается как основной в использовании системы ASET. Для того, чтобы изучить курс, поддерживаемый системой, студент должен справиться с набором *проектов* (заданий и упражнений), который инструктор подбирает студенту строго индивидуально.

Другой тип задач, поддерживаемый системой ASET, - это так называемые *тесты*. В отличие от проектов, решение о выполнении (или невыполнении) которых принимается инструктором, тесты - это вопросы, правильность ответов студентов на которые система оценивает полностью автоматически.

Ориентация на цели обучения является одним из важных свойств нашей ASET-среды. Поскольку мы не хотим фиксировать путь обучения студента или студенческой группы от начала до конца, студенты свободны в определении своих собственных целей обучения и своих собственных последовательностей обучения. На каждом шаге они могут обращаться за помощью к системе, запрашивая подходящий материал, последовательности обучения и советы по примерам и проектам. Если студенту необходим совет по нахождению своего собственного пути обучения, он может спросить систему о следующей подходящей цели обучения.

Система ASET предназначена для обслуживания многих студентов с различными целями, знанием и опытом. В нашей системе основной упор делается на знания студентов, уровень которых может весьма сильно варьироваться у разных студентов. Более того, состояние знаний студента изменяется в процессе работы с системой. Поэтому большое внимание уделяется возможностям адаптивности в нашем проекте.

Система ASET предоставляет лектору и инструкторам средства для управления мониторингом взаимодействия студентов с системой. Возможно определять те действия студента, которые нуждаются в реакции со стороны преподавателя. Например, когда студент завершает выполнение задания (или упражнения), сообщения посылаются инструктору, отвечающему за мониторинг работы данного студента.

Открытые дискуссии, поддерживаемые системой ASET, обеспечивают полную виртуальную атмосферу телекласса, включая возможности кооперативного изучения курса вместе с другими студентами и средства кооперативного преподавания для инструкторов и лекторов.

Как было отмечено выше, помимо студентов, система ASET поддерживает три типа пользователей: инструкторов, лекторов и администраторов. Эти типы пользователей различаются как по своим правам, так и возможностям работы с системой. Каждому типу пользователей соответствует свой интерфейс, поддерживаемой системой.

Интерфейс администратора поддерживает ряд административных функций организации учебного процесса, которые разбиваются на следующие части:

1.Управление курсами и преподавателями. В этой части можно осуществлять со-

здание и удаление курсов и преподавателей, связывать преподавателей с курсами, потоками и группами в качестве лекторов и инструкторов, а также заменять одного лектора курса или инструктора учебной группы на другого.

2.Управление студентами. В этой части можно создавать и удалять потоки, группы и отдельных студентов, а также переводить студентов из одной группы в другую.

Интерфейс лектора поддерживает следующие основные функции:

1.Редактирование учебной информации курса. Сюда входят возможности по включению новых учебников в курс, пополнению гиперкниг курса новыми примерами, созданию или улучшению примеров проектов, пополнению: заданий новыми тестами и эталонными решениями, а пространств тестов новыми тестами.

2. Общение со студентами и инструкторами. Данная возможность реализована в виде общих и преподавательских форумов, администратором которых является лектор. В общих форумах могут участвовать как студенты, так и преподаватели, а в преподавательских только лектор и инструкторы. После включения лектором некоторой общей темы для обсуждения любой студент и любой инструктор могут написать свое мнение по обсуждаемому вопросу, но у лектора есть возможность удалять и редактировать любые сообщения.

3.Просмотр статистики. Практически любые действия студента и инструктора заносятся в таблицу статистически и могут быть рассмотрены лектором. В частности, лектор может посмотреть, как часто и сколько времени студенты его потока тратят на обучение, сколько раз и какие тесты они проходили (с фиксацией времени и успеха прохождения). Здесь же он может узнать текущее состояние модели знаний каждого студента, а также какие задачи были им уже решены, а какие нет. Для каждой отдельной задачи можно также узнать количество раз, которое студент пытался ее решить, и посмотреть все варианты решений, которые студент предложил, вместе с комментариями инструктора.

4.Управление мониторингом. Система предоставляет лектору возможности управления мониторингом взаимодействия студентов и инструкторов с системой. Здесь он может определить те действия студентов и инструкторов, которые нуждаются в его реакции. Каждый раз, когда выбранные действия будут происходить, лектор будет получать соответствующие сообщения.

Интерфейс инструктора поддерживает следующие основные функции:

1.Проверка и оценка заданий студентов. Каждое задание, выполненное студентом, должна быть проверено и оценено инструктором. После того как студент решает задание и проверяет его на имеющихся тестах, он отправляет решение на проверку инструктору. Для проверки правильности и оценки качества студенческого решения инструктор может использовать эталонные решения данного задания, если они есть. При этом он должен не только оценить данное решение (отклонить или принять с некоторой положительной оценкой), но и написать комментарий с разъяснением причин такой оценки.

2.Общение со студентами и преподавателями. Указанные возможности образуют общую и приватную части. Общая часть реализована в виде форумов, администратором которых является лектор, а также форумов, которые администрирует инструктор и создает их для своих студентов. Приватная часть дает инструктору возможность приватного общения с любым своим студентом. Она выполнена в виде гостевой книги, т.е. выводится просто последовательный список сообщений в порядке, обратном к порядку их написания (т.е. последнее сообщение всегда выводится первым). Преподаватель может отвечать на сообщения студентов, и наоборот. Ответы выводятся под соответствующими сообщениями и выделяются другим цветом и шрифтом.

3.Просмотр статистики. Интерфейс просмотра статистики у инструктора имеет

те же самые возможности, что и у лектора. Различие лишь в том, что инструктор может просматривать только свою статистику и статистику студентов своих групп.

4.Управление режимом работы и мониторингом. Система предоставляет инструктору возможности управления режимом работы каждого своего студента, а также мониторингом взаимодействия этого студента с системой. Здесь он может определить, как знания студента будут влиять на его возможность решать проекты, а также выбрать те действия студента, которые нуждаются в его реакции. Каждый раз, когда студент будет совершать выбранные инструктором действия, соответствующие сообщения будут посылаться инструктору. Например, когда студент завершает выполнение задания (или упражнения), сообщения всегда посылаются инструктору, отвечающему за группу, в которой работает данный студент.

Предложена блочно-модульная структура системы ASET. Показано, что такая структура обеспечивает высокую гибкость, эффективность и надежность обработки информационных потоков в процессе взаимодействия с обучаемы ми при различных режимах работы системы. Количество блоков и выполняемые ими функции зависят от задач, стоящих перед сетевой обучающей системой. В нашем случае ASET включает следующие взаимодействующие между собой и с пользователями системы блоки и модули, показанные на рисунке 1.

Агрегативным учебным модулем (АУМ) в ASET является объект с дидактически завершенным учебным материалом, имеющий определенную цель обучения и содержащий теоретический материал, задания для его закрепления и/или получения необходимых практических навыков, контрольные вопросы и задания для текущего и итогового контроля знаний, другие необходимые для обучения компоненты УММ, а также процедуры его обработки и управления обучением. В зависимости от реализуемого в СЭО режима обучения, агрегативный учебный модуль включает в свой состав либо весь необходимый для обучения учебно-методический материал и процедуры его обработки (автономный АУМ), либо использует поэтапную адаптивную сборку учебного контента и передачу его обучаемому по сети непосредственно в процессе обучения (сетевой АУМ). Автономный АУМ включает все компоненты учебно-методической информации, которые могут потребоваться обучаемому в процессе работы с учебным материалом.

В общем случае АУМ (как сетевой, так и автономный), имеет структуру, показанную на рисунке 2.

Предложенная структура агрегативного учебного модуля соответствует требованиям спецификации международного стандарта IMS к компоновке содержания электронных учебников и учебных пособий IMS Content Packaging Specification.

Литература

1. Водянская Т.А. Методы и технологии адаптивной гипермедиа // Современные проблемы конструирования программ / 11од ред. ВН. Касьянова. — Новосибирск, ИСИ СО РАН, 2002. — С 38— 68.
2. Зайцева Л.В. Методы и модели адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения //Educational Technology & Society. — 2003. -Vol 6, N 4, — P. 204—211.
3. Brusilovsky P. Methods and techniques of adaptive hypermedia // User Modeling and User-Adapted Interaction. — 1996. — Vol. 6, N 2-3. — P. 87-129.

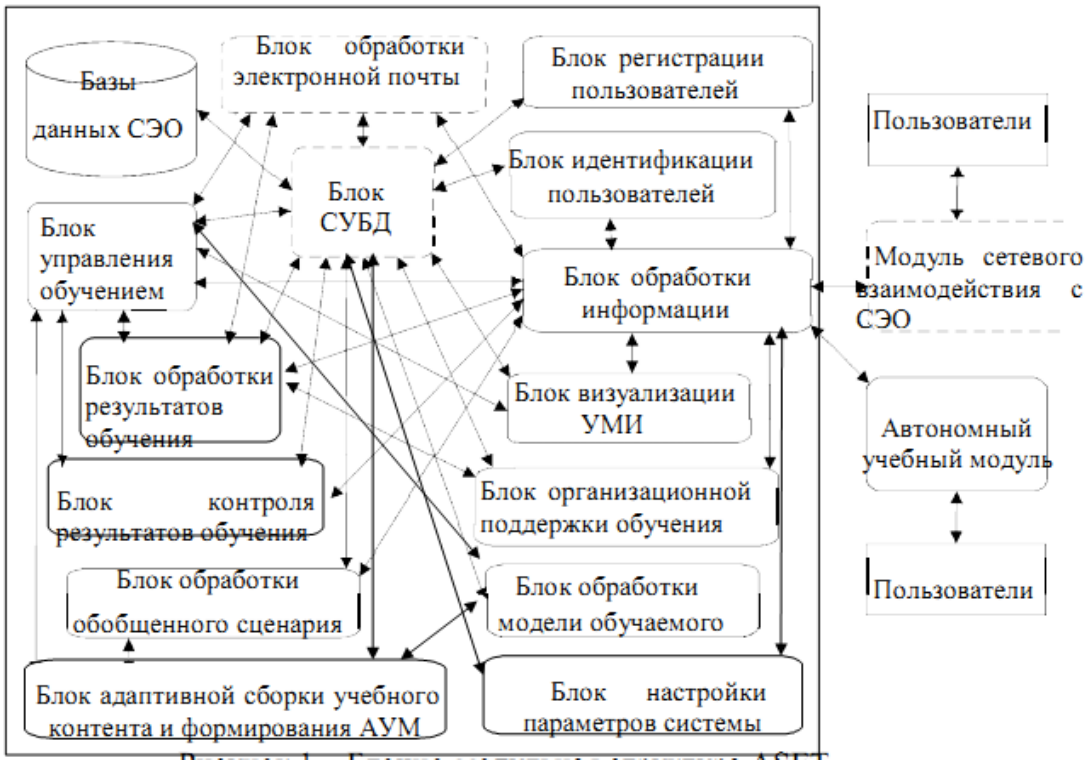


Рис. 1. Блочно-модульная структура ASET

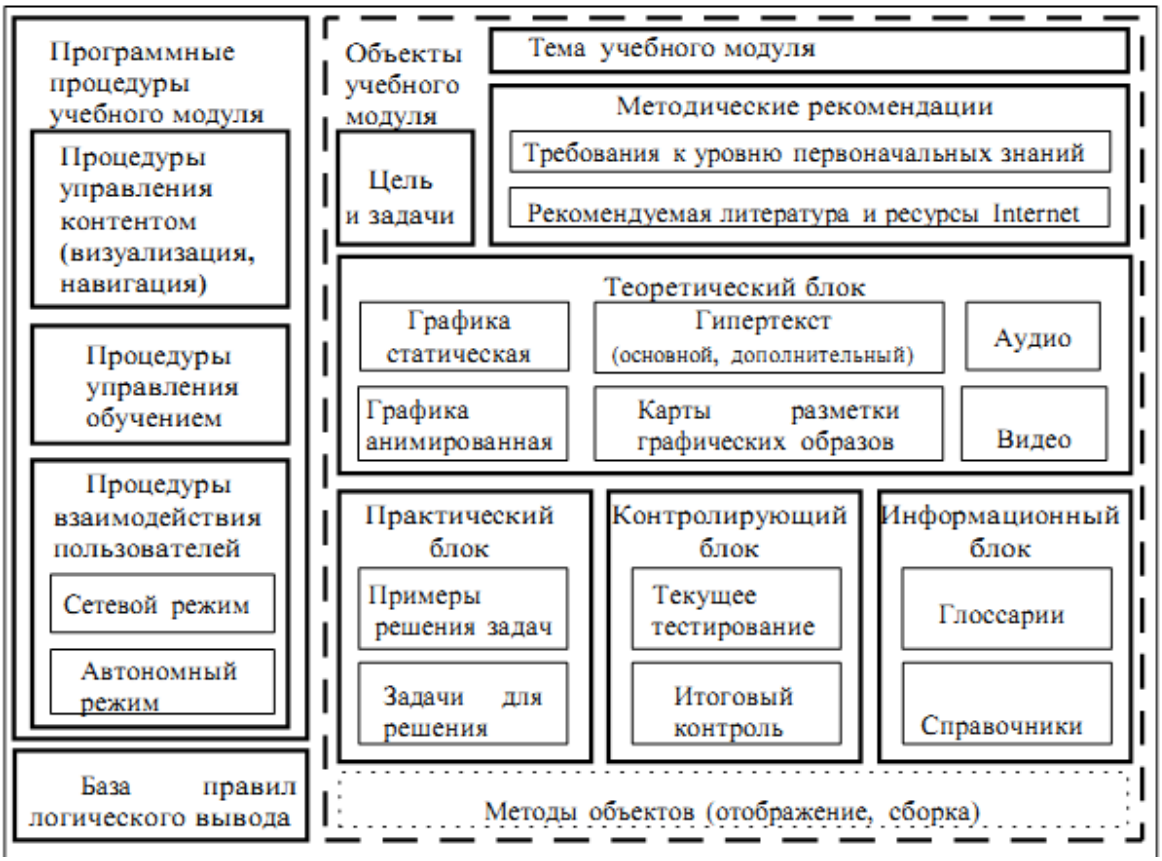


Рис.2. Обобщенная структура агрегативного учебного модуля системы ASET

УДК:004.896:005.94

МЕТОД АНАЛИЗА И СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

Оздуман Куршат

В статье предложен метод системного анализа управления знаниями. Этот метод позволяет создание новых объектов в процессе обработки познания и реализации полученных знаний.

Цель исследования. Этот метод представляет собой сложную, переплетающуюся и многократно повторяемую последовательность операций анализа и синтеза управления знаниями.

Метод исследования. Промежуточным между этапами анализа и синтеза является этап реорганизации целей системы. Последние выражают требования среды и определяются извне. Посредство этого, в частности, проявляется неразрывное единство объекта и среды, постулируемое системным анализом. Цель рассматривается как желаемое состояние, ход процесса либо эффект функционирования объекта.

Анализ объекта в плане выявления и "восстановления" существующей системы управления знаниями проводится в последовательности от организационной структуры (схемы) к системе целей объекта [2]. Однако прежде необходимо зафиксировать ряд общих сведений об объекте, таких, как: краткая характеристика объекта, его основные параметры, сведения о среде функционирования (окружение), декларируемые цели и задачи. Здесь же желательно указать цели проведения анализа. Если цель не одна, желательно представить их не разрозненно, а во взаимной связи и обусловленности. Противоречия в целях не должны сглаживаться. Противоречивость - неотъемлемое свойство любой системы целей. В противном случае результаты анализа могут оказаться далеко не наилучшими.

Организационная структура объекта. Обычно она изображается с помощью организационной диаграммы [1], имеющей вид перевернутого дерева, в нижней части которого располагаются подчиненные элементы, а в верхней - управляющие. Желательно располагать элементы по уровням иерархии. Это облегчает последующее чтение и использование диаграмм. Диаграммы очень лаконичны, поэтому к ним прилагаются описания и комментарии к элементам диаграммы и связям между ними.

В зависимости от конкретных целей анализа тип отображаемых на диаграмме отношений может быть различным. Линии между элементами могут означать отношение подчинения "начальник - исполнитель", либо, реже, отношение агрегации "целое - часть". Смешение различных видов отношений в одной диаграмме нежелательно и может быть оправдано лишь в особых случаях.

Функциональная структура объекта. Она изображается с помощью тех же графических элементов, что и организационная диаграмма, но элементами здесь выступают функции объекта. Связи между элементами также имеют иной смысл. Нижележащие элементы рассматриваются как подфункции вышележащих. Названия элементов функциональной структуры выражаются глаголами или отглагольными существительными.

Обычная ошибка - подмена функций чем-либо связанным с элементами оргструктуры или с их целями. Функции реализуются как процессы, но в функциональной структуре не находит отражения динамический аспект. Здесь должно быть показано, как самая общая функция распадается на подфункции различных уровней, и каковы связи между ними.

В некоторых случаях анализ системы в функциональном аспекте оказывается затруднительным. Причиной может слу-

жить сложность объекта, слабая подготовка аналитика, либо и то и другое вместе. В этом случае может быть рекомендовано проведение предварительного анализа с фиксацией процессов выполнения функций в форме сценария. Сценарий нагляден, но в нем смешаны различные аспекты. Основная часть анализа сводится к вычленению из сценария функций и их увязке в единую структуру.

Система целей объекта отображается на диаграмме целей. Для ее построения производится анализ результатов выполнения каждой функции и осуществляется их синтез. При этом объединяются сходные цели, достигаемые различными функциями, определяются соотношения между целями, их соподчиненность, а следовательно, и место в иерархии целей. При этом нередко цели нижележащих уровней выступают как средства достижения целей вышележащих уровней. В этом случае следует различать такие виды отношений, как "целое - часть" и "цель - средство". Выбор того или иного вида отношений определяется целями анализа и, в некоторой мере, предпочтениями исследователя.

Классифицирование элементов среды. Оно, как и любое классифицирование, производится для снижения излишнего разнообразия.

Выделяются типовые представители классов, описываются их особенности и существенные моменты взаимодействия с объектом. Система классов может быть как простой (линейной), так и иерархически организованной. Основным видом отношений, подлежащих анализу на данном этапе, являются отношения "род - вид".

Для каждого класса строится система целей. Как и в вышеописанных пунктах, вместе с диаграммой целей дается развернутая текстовая информация о диаграмме в целом, ее элементах и связях. Если классы элементов среды образуют иерархическую структуру, то система целей представителя или класса вида может содержать не все, а только специфические характеристики (цели) вида и ссылки на структуру (систему) характеристик родового класса.

Формулирование задачи. Сопоставление декларируемых и фактических (выявленных на этапе анализа) целей организации. Сопоставление позволяет выявить проблему - несоответствие желаемого состояния или течения процессов тому, что имеет место в организации (объекте). Явно сформулированная и четко очерченная проблема является исходным пунктом для реорганизации (синтеза) системы. Наряду с целями самого объекта при этом обязательно должны рассматриваться цели представителей классов (элементов среды).

При формулировании проблемы одним из основных видов отношений являются причинно-следственные. Поскольку воздействия на следствия не бывают результативными, и, прежде всего, должны быть направлены на причины, на данном этапе требуется явно представить цепочки и перекрестные связи между причинами и следствиями. Во главу последующего рассмотрения должны быть поставлены первопричины, устранение или минимизация воздействия которых является единственно действенным и эффективным средством решения проблемы.

Синтез систем управления знаний. Анализ начинается с того, что лежит на поверхности и что легко наблюдать и описать, и продвигается от явления к сущности. Синтез производится в порядке, обратном порядку анализа. Цель синтеза - воплощение сущности и ее представление в явлении.

Синтез системы целей. Исходя из выявленной на этапе анализа системы целей объекта, а также систем целей, свойственных классам элементов среды, формулируется целевая структура системы управления знаний. Здесь фиксируются не цели объекта или клиентов, а именно цели, ради достижения которых создается или совершенствуется организация. Систему целей получают путем анализа и синтеза целей, преследуемых объектом и элементами среды. При этом, прежде всего, ори-

ентируются на цели объекта и клиентов, имеющие общие точки соприкосновения. Важная особенность системы целей - в ее противоречивости. Это обусловлено, в конечном счете, сложностью среды. Сложность среды является причиной сложности объекта. Последняя неизбежно порождает сложность моделей объекта, если мы желаем обеспечить их адекватность.

Синтез системы функций. На этом этапе синтеза систематически конструируются и описываются требования к системе, рассматриваемой в функциональном аспекте. Функциональная структура строится сверху вниз. Она может иметь многоуровневую организацию: система в целом, функциональные подсистемы различных уровней, элементарные функции в составе подсистем. Синтез заключается в последовательной все более глубокой конкретизации функций таким образом, чтобы их выполнение приводило к достижению поставленных перед объектом целей. В процессе синтеза постоянно проверяется соответствие результатов выполнения функций, сформулированным на предыдущем шаге целям.

Синтез организации. Требования формулируются в целом и в разрезе отдельных подаспектов, из числа которых можно выделить следующие:

- Человеческий. Подразделения, исполнители и руководители. То, что обычно понимают под организационной структурой. Этот аспект регулируется системой норм и правил (организационно-правовое обеспечение).
- Технический. Система технических средств, облегчающих выполнение функций работниками и руководителями.
- Программный. Система программных средств различного назначения, дополняющих вычислительные технические средства и обеспечивающих требуемую функциональность.
- Лингвистический (интерфейсный). Система языков и языковых средств, с помощью которых обеспечиваются описание и обмен информацией как внутри системы, так и со средой, а также хранение информации.

Не существует однозначного соответствия между функциями и средствами, их реализующими. Одна и та же функция может выполняться человеком либо программно-техническими средствами, либо некоторым образом разделяться между человеком и машиной. Последний вариант широко используется в решении задач, для которых характерно сочетание большого числа рутинных операций и необходимости использования творческих, интуитивных способностей человека.

Выводы.

1. Они обусловлены наличием технических и программных средств, удовлетворяющих потребностям обработки и хранения информации и наличии средств коммуникаций как между людьми, так и между техническими средствами, используемыми в информационных системах.
2. Предлагаем иметь достаточно высокий уровень развития средств представления информации (мультимедийность) и интеграции средств обработки, хранения, передачи и отображения (представления) информации.

Литература

1. Представление и использование знаний: Пер. с япон./ Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1989. – 220 с.
2. Базы знаний интеллектуальных систем /Т.А. Гаврилова., В.Ф. Хорошевский- Спб: Питер, 2000. – 384с.

УДК: 62-50

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ ТАБЛИЧНО ЗАДАННЫХ ПРЕДПИСАННЫХ ТРАЕКТОРИЯХ ДВИЖЕНИЯ

Кадыркулова К.К.

Предлагается новый подход синтеза законов управления по осуществления по движения по таблично - заданным предписанным программам при параметрических возмущениях.

На сегодняшний день имеются отдельные подходы синтеза законов управления по осуществлению движения управляемого объекта по предписанной траектории, когда она задается в аналитической форме [1]. В то же время встречается множество примеров из практики, когда предписанные траектории трудно описать аналитически, в этих случаях описание их осуществляется табличным способом. Для этих случаев разработаны определенные подходы синтеза [2,3].

В данной работе осуществляется углубление и расширение рассматриваемых подходов синтеза.

Итак, рассмотрим линейный объект с параметрическим возмущением

$$\frac{dx}{dt} = \overset{0}{x} = A \cdot x + B \cdot u + \Delta A \cdot x, \quad (1)$$

где $x = (x_1, x_2, ...x_n)^T$ – вектор состояния;

$u = (u_1, u_2, ...u_m)^T$ – вектор управления;

A, B – заданные числовые матрицы коэффициентов;

ΔA – матрица параметрических возмущений.

В [2] разработан подход синтеза, где для линейного объекта

$$\overset{0}{x} = Ax + Bu \quad (2)$$

синтезируется закон управления по осуществлению движения объекта (2) по таблично заданной предписанной программе.

Таблица1.

t_k	t_0	t_1	t_2	…	t_k
$\bar{x}_k$	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	…	$\bar{x}_k$

где к=0,1,2,…;

t_k – дискретные моменты времени;

$\bar{x}_k$ – значение вектора состояния в моменты времени t_k.

Для решения задачи математическую модель (2) представляют в конечно-разностном виде

$$x(k+1) = x(k) + \Delta \cdot A(x_k) + \Delta \cdot Bu(k) \quad (3)$$

Для упрощения выкладок в дальнейшем приращение по времени Δ возьмем $\Delta = 1$.

Искомые значения $u(k)$ в работе [2] отыскиваются из условия минимизации невязки

$$\left\| x_{таб}(k+1) - x_{тек}(k+1) \right\|^2 \Rightarrow \min_{u(k)}, \quad (4)$$

где $\|\cdot\|$ - символ нормы;

$x_{таб}$ – значения вектора состояния, которые берутся из таблицы;

$x_{тек}$ – значения вектора состояния, которые измерены в текущий момент времени.

Далее, расписывая выражение нормы согласно (3), и затем беря процедуру оптимизации

$$\frac{\partial\|\cdot\|^2}{\partial u(k)} = 0 \Rightarrow u(k) - ? \qquad (5)$$

определяют искомые $u(k)$.

Проведя процедуру минимизации, окончательно получают

$$u(k) = -(B^{T\cdot}B)^{-1}\cdot[B^T x_{таб}(k+1) - B^T\cdot(A+E)\cdot x(k)], \qquad (6)$$

где E - единичная матрица;

$x(k)$ - текущее значение вектора состояния;

$x_{таб}(k+1)$ - табличное значение вектора состояния.

Для синтеза адаптивного закона в этой работе также используем подход, связанный с минимизацией невязки (4) с учетом параметрических возмущений и его оценки.

Минимизируя (4) с учетом (1) по $u(k)$, имеем

$$u(k) = -(B^T B)^{-1}\left[B^T\cdot x_{таб}(k+1) - B^T(A+E+\Delta A(k-1))\cdot x(k)\right] \qquad (7)$$

где $k = 0,1,2,\ldots$

E - единичная матрица.

В выражении (7) мы берем оценку матрицы параметрических возмущений в дискретный момент времени $k-1$. Так как оценка ΔA в момент времени неизвестна, а известна только оценка k предыдущему моменту времени $k-1$. Такой переход справедлив в силу того, что процессы управления протекают намного быстрее по времени, чем изменения параметров.

Для оценки матрицы параметрических возмущений используем соотношение квадрата невязки (4).

Расписав выражение (4), имеем:

$$\|x_{табл}(k+1) - x(k+1)\|^2 = \left(x_{табл}(k+1) - x(k) - Ax(k) - Bu(k) - \Delta A(k)\cdot x(k)\right)^T\cdot\left(x_{табл}(k+1) - x(k) - Ax(k) - Bu(k) - \Delta A(k)\cdot x(k)\right) \qquad (8)$$

Для дальнейшего (для минимизации по $\Delta A(k)$) выпишем при раскрытии произведения в (8)только те слагаемые, которые содержат выражения $\Delta A(k)$.

Имеем:

$$(x_{табл}(k+1) - x(k) - Ax(k) - Bu(k) - \Delta A(k)\cdot x(k))^T\cdot\Delta A(k)x(k) \qquad (9)$$

Получить в общем виде через векторно-матричное обозначение результат-взятие частной производной от выражения (9) по $\Delta A(k)$, не представляется возможным, но для конкретных математических моделей эта процедура достаточно проста.

Продемонстрируем это на конкретном примере.

Пусть задан объект

$$\begin{cases} \dot{x_1} = x_2 + \Delta a\cdot x_1 \\ \dot{x_2} = u, \end{cases} \qquad (10)$$

где $x = (x_1, x_2)^T$; $A = \begin{matrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{matrix}$; $B = \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$;

$\Delta A = \begin{matrix} \Delta a & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$; Δa-параметрическое возмущение

Для нахождения оценки $\Delta A\ k$ распишем выражение (9) для нашего примера:

$$(x_{табл}\ k+1\ - x\ k\ - Ax\ k\ - Bu\ k\ - \Delta A\ k\ \cdot x\ k\ )^T \cdot \Delta A\ k\ x\ k\ = \\ = \begin{matrix} x_{1табл}\ k+1\ - x_1\ k\ - x_2\ k\ - \Delta a \cdot x_1(k) & \Delta a \cdot x_1(k) \\ x_{2табл}\ k+1\ - x_2\ k\ + u\ k & 0 \end{matrix} \quad (11)$$

Отсюда, беря частную производную по $\Delta a\ k$ и приравнивая ее к нулю, имеем:

$$[(x_{табл}\ k+1\ - x_1\ k\ - x_2\ k\ - 2\Delta a \cdot x_1(k)]x_1\ k\ = 0$$

$$\Delta a\ k\ = \frac{1}{2x_1(k)} \cdot\ x_{1табл}\ k+1\ - x_1\ k\ - x_2\ k\ . \quad (12)$$

Выводы: предложен новый подход адаптивного управления по осуществлению движения по таблично заданным предписанным программам. Процедура эта конструктивная и вычислительных трудностей не вызывает.

Литература

1. Шаршеналиев Ж.Ш, Батырканов Ж.И. Синтез систем управления с заданными показателями качества. - Б.: Илим, 1991.
2. Батырканов Ж.И, Мадраимова А.Д, Кадыркулова К.К. Задача управления по заданной программе // Известия КГТУ им. И. Раззакова, Б.: -2007, №11.
3. Батырканов Ж.И., Кадыркулова К.К. Адаптивное управление траекторным движением. // Известия, КГТУ им. И.Раззакова, №19,.2009.

УДК:004.84:377.018.432

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ

Батырканов Ж.И., Оздуман Куршат

Искусственный интеллект реализуется с использованием четырех подходов: логического, эволюционного, имитационного и структурного. Все эти четыре направления развиваются параллельно, часто взаимно переплетаясь в дистанционном образовании.

Цель исследования. В настоящее время в мире сложилось такое положение, когда наравне с традиционным обучением с личной встречей преподавателя и учащегося все большее внимание уделяется системе удаленного процесса обучения, которое и получило название «дистанционное».

Метод исследования. Интеллектуальные информационные системы могут использовать «библиотеки» самых различных методов и алгоритмов, реализующих разные подходы к процессам обучения, самоорганизации и эволюции при синтезе систем ИИ. Поскольку к настоящему времени нет ни обобщающей теории искусственного интеллекта, ни работающего образца полнофункциональной ИИ-модели, то нельзя сказать, какой из этих подходов является правильным, а какой ошибочным: скорее всего они способны гармонично дополнять друг друга.

Изначально такие системы были развиты в виде однонаправленной технологии посредством телевизионных каналов, без возможности обратной связи. С появлением компьютерных технологий и

средств переноса больших объемов информации, а также возможности реализации интерактивного обучения путем использования компакт-дисков с обучающими программами, стало развиваться реальное дистанционное обучение. Но эта технология не позволяла полноценно использовать обратную связь, причем многие системы ее не имели вообще. К тому же далеко не в каждом доме имеется компьютерная техника, что в особой мере относится к СНГ.

На смену этой технологии, помимо массовости внедрения компьютерной техники в жизнь населения, появилась технология сетевого обмена информацией (Internet, Fidonet и т.д.). На базе этих технологий и технологий мультимедийного представления информации стали появляться обучающие системы с полноценной обратной связью. К тому же этот период роста Internet-систем дистанционного обучения совпал с этапом бурного развития как Internet-технологий, так и технологий представления и обработки информации.

Система образования, и не только в Турции и Кыргызстане [3], сегодня становится одной из самых важных задач в государственной политике. В экономически развитых странах (США, ФРГ и т.д.) всячески приветствуется самозанятость населения, т.е. организация безработными частных малых предприятий – семейных кафе, прачечных и т.п. Естественно, что главную роль в этом играет образование, поскольку людям необходимо обучаться и бизнесу, и той предметной области, в которой они собираются работать. Но эта же проблема стоит и у крупных корпораций, когда, при бурном развитии технологий, требуется переучивать свой персонал. Как следствие роста информационных технологий, задачи реформирования системы образования встали особо остро, что также относится и к Кыргызстану.

В Кыргызстане в системе образования постоянно возрастает доля платных образовательных услуг. С каждым годом обостряются проблемы финансирования дополнительного образования детей. Низкий уровень доходов большинства населения ограничивает возможности родителей в оплате дополнительного образования своих детей, что, в свою очередь, порождает проблему доступности этого вида образования.

Преобразования в Кыргызстане привели к тому, что население, с одной стороны, получило возможность оснащаться компьютерной техникой, а, с другой, были созданы условия недостижимости полноценного недорогого образования. Эти и множество других факторов поставили проблему развития систем дистанционного обучения в ряд приоритетных. Последние годы ознаменовались бурным развитием этих систем, но в качестве основных целей ставились задачи по созданию электронных учебников и увеличению количества дисциплин, по которым можно было бы обучаться дистанционно.

Однако существует очень важная задача, которая была пропущена основной массой производителей и разработчиков систем дистанционного обучения – это развитие систем контроля знаний. Лишь очень немногие представители научного мира обратили на это внимание, но какого-либо существенного продвижения в решении данной проблемы не наблюдается.

Эта проблема в рамках создания систем дистанционного обучения также поднимается в концепции информатизации образования в СНГ. И наиболее приемлемым решением данной задачи видится разработка системы контроля знаний и системы представления знаний с использованием методов искусственного интеллекта и когнитивных моделей, которые рассматриваются в различных работах российских и зарубежных авторов (Смирнов В.М., Керов Л.А., Дерюшев В.А., Поспелов Д.А., Магазов С.С., Краудер Н.А. и др.) [1].

Национальные и мировые системы образования в начале XXI века переживают глубокий кризис, которому, в той или иной мере, подвержены все страны

мира. Это явление имеет следующие оценки и характеристики:

• существует разрыв между числом людей, желающих получить качественное образование и имеющих возможность получить его. Этот разрыв в различных странах разный, но есть везде, так как существующие школы и университеты не могут удовлетворить все возрастающую потребность в образовании;

• профессиональное образование во всем мире не успевает, в содержательном плане, следовать за быстро изменяющимися технологиями, то есть системы образования консервативны;

• существует острый недостаток финансовых средств, вследствие чего системы образования не могут в полной мере отвечать новым требованиям;

• инертность, присущая системам образования, приводит к тому, что они слишком медленно меняют свой внутренний уклад в ответ на поступающие извне вызовы и запросы;

• инертность самих граждан и общества в целом является тяжелым грузом установившихся традиций, религиозных обычаев, соображений престижа и материальных стимулов, все это мешает наиболее рациональному использованию образования и образованных кадров в интересах национального развития конкретного государства.

Во многих странах мира наблюдается «постарение» обучаемых, то есть идет процесс увеличения в учебных заведениях различного типа числа учащихся старше традиционного возраста. Этот рост числа так называемых «студентов второго шанса» связан с рядом причин, важнейшими из которых являются:

• необходимость в частой смене направлений трудовой деятельности из-за быстрого развития технологий (несколько раз в течение жизни одного поколения);

• в общей структуре населения имеется значительное число молодежи в возрасте 18-25 лет;

• появилась большая доступность получения внешкольного образования благодаря структурным изменениям в образовании – открытые университеты, дистанционное образование, университеты выходного дня и так далее.

Есть, конечно, и еще ряд факторов: устаревшие программы обучения, недостаточная подготовка и переподготовка преподавательского состава, быстрый рост информационных технологий и т.д. Большинство из этих проблем решаются с помощью систем дистанционного обучения.

Одним из главных инструментов в образовании, открывающих путь в новый мир, являются информационные технологии (ИТ) [2]. Они позволяют изменить системные свойства важнейших компонентов нашего бытия. Разработка стратегии развития и использования ИТ в сфере образования является одной из ключевых проблем стратегического планирования как на национальном, так и на глобальном уровне. Темпы и направления перемен на нынешнем этапе определяются не вычислительной техникой и возможностями телекоммуникаций, не программными средствами, а людьми, их готовностью к переменам, их запросами и проблемами. Поэтому информатизация образования в мире в целом и в Кыргызстане, в частности, приобретает огромное значение.

Кроме главной цели информатизация образования способствует достижению следующих подцелей:

• повышение качества образования;

• увеличение степени доступности образования;

• повышение экономического потенциала в стране за счет роста образованности населения;

• информационная интеграция национальной системы образования в научную, производственную, социально-общественную и культурную информационную инфраструктуру мирового сообщества.

Ввиду всего вышесказанного решением задачи информатизации образования с реализацией поставленных целей может являться создание системы дистан-

ционного образования. По терминологии из большинства источников, смысл термина «дистанционное образование» заключается в реализации базирующейся на использовании информационных технологий возможности обучения без отрыва от основной деятельности и без физического перемещения к месту расположения учебного заведения. Повсеместное использование этого словосочетания отражает скорее осознание насущной необходимости в появлении такой возможности, чем владение приемами и методами ее реализации.

Несмотря на многолетний отечественный и зарубежный опыт по теории и практике дистанционного образования, все еще отсутствует общепринятое его определение. Такое положение дел можно считать естественным для достаточно нового направления, а многочисленность определений подтверждает в целом актуальность и новизну направлений исследований. Разнообразие точек зрения лишь приближает нас к пониманию существа дистанционного образования.

В системе вузовского образования важную роль играет кафедральный телекоммуникационный центр информационного обеспечения, который строится как часть информационной структуры поддержки и координации учебного и научно-исследовательского процессов. Он позволяет осуществлять информационно-документальное сопровождение всего цикла обучения, научных исследований и опытно-конструкторских работ. Информационно-коммуникационный сервис такого центра можно сравнить с супермаркетом всемирной информации, отличающимся от традиционного возможностью его посещения, не вставая с рабочего места. Кафедральные телекоммуникационные центры – своеобразные информационные окна персонального назначения, через которые осуществляется индивидуальное подключение к глобальным базам данных, что позволяет небольшим коллективам единомышленников, работающим в конкретной ограниченной области научных и педагогических исследований, подключиться к мировой информационной сети, поднимая свой интеллектуальный уровень и не теряя заданной профессиональной ориентации. В этом случае интересуемая информация без посредников в кратчайшие сроки попадает к потребителю: ученому, преподавателю, аспиранту, инженеру, лаборанту или студенту.

Естественное желание преподавателей активизировать и интенсифицировать учебный процесс всегда заставляло их вести поиск новых методов, приемов и средств обучения. В свое время эти средства пополнились книгами, фотографией, радио, кино, телевидением, электронно-вычислительными машинами. Теперь настал черед компьютерных сетей и мультимедиа.

Литература

1. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. - М.: Радио и связь, 1992. - 200 с.
2. Галямова Е.В. Оценка качества электронного учебного материала //Управление качеством инженерного образования и инновационные образовательные технологии. Сборник докладов Международной научно-методической конференции 28-30 октября 2008 г. –М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008, Ч.2, с. 29-34.
3. Макет Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования Кыргызской Республики по направлению подготовки «бакалавр». Утвержден постановлением Правительства Кыргызской Республики от 23.08.2011года, №496.

УДК:004.383.4.:004.822

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ ИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОГРАММ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Абдраупова Г.Р.

We suggest the method intended for deriving of knowledge from text on natural language, for solving the problems of optimization of streams on networking models. We consider the main stages of the working of the algorithm for deriving of information from the text. This procedure confirmed it's efficacy and capacity for work in the solving of some practical problems.

Цель исследования. Одним из основных требований к интеллектуальной программе является ее способность вести с пользователем диалог на естественном языке.

Метод исследования. "Естественность" языка общения состоит не в том, чтобы он позволял использовать весь словарь и весь арсенал синтаксиса естественного языка, а в том, чтобы вести взаимодействие с системой без какой бы то ни было предварительной подготовки пользователя.

Содержание и формы представления знаний в любом случае предполагают, что изложенное будет изучаться, анализироваться, усваиваться и использоваться для некоторых целей. Тем не менее, значительная часть материалов ориентируется на специальные нужды обучения, и это накладывает определенный отпечаток на форму и порядок изложения. В методике преподавания дисциплины учитываются особенности процессов изучения теоретических положений и выработки навыков их применения в практической деятельности. Мы можем отметить следующие моменты, связанные с преподаванием.

Процесс нахождения оптимального решения может быть представлен как последовательное сужение области поиска от всего множества исходных решений к единственному В зависимости от специфики задачи каждый из этапов или каждое из средств могут быть конкретизированы.

Мы будем рассматривать ситуацию, при которой отсутствуют какие-либо количественные данные, которые можно было бы использовать при решении задачи, и требуется найти решение, руководствуясь только качественными оценками.

Кроме структуры самой системы знаний необходимо построить динамическую структуру процесса обучения, которая учитывает цели обучения и целевые установки обучаемых, мотивы их деятельности, а также возможности и способности.

Подобный формализм представления знаний позволяет моделировать обучение как сложную, многоаспектную систему, но при этом организовать процесс таким образом, что последовательно наращивается понимание явления обучаемым, обогащается его видение, обнаруживаются скрытые механизмы и существо происходящих изменений, развитие объекта. Для достижения этих целей важны три аспекта: организационный, классификационный и динамический.

В первом, наиболее простом для понимания аспекте, изучение начинается с элементарных (неделимых на данном уровне рассмотрения и изучения) объектов. Далее, следуя отношениям «целое - часть» в базовой модели знания, изучаются более крупные образования (агрегаты). Процесс изучения продолжается до тех пор, пока не останется объектов, частями которых являются уже изученные. Отношение «целое - часть» является самым простым и наглядным. Поэтому у обучаемых не возникает барьера непонимания и им не приходится перелопачивать большие объемы материала, чтобы хоть что-нибудь понять. «Прозрение» не отодвигается на более поздние этапы обучения а наступает незаметно и постепенно, ограничиваясь пройденным материалом.

Знания, полученные в рамках организационного аспекта, служат основа-

нием и материалом для обобщений и уяснения понятий и их родовидовых отношений в классификационном аспекте. Здесь изучение начинается «сверху», с наиболее общих понятий. Этому благоприятствуют два момента. Первый заключается в том, что уже есть достаточно обширное и в определенной мере освоенное поле знаний. Второй обусловлен спецификой определения понятий. Как правило, в определении понятия используется понятие, являющееся родовым для него. Поэтому путь последовательной конкретизации вдоль отношений «род - вид» представляется оптимальным для освоения понятий и классификационных отношений любой дисциплины.

Теперь, когда изучены структуры объектов, понятия и их отношения, может быть начато изучение процессов. Основой динамического аспекта в изучении являются причинно-следственные связи. Они позволяют показать и объяснить изменения и развитие, которое мы наблюдаем в действительности и, может быть, которым хотели бы управлять. Динамический аспект позволяет нам сделать шаг и в этом направлении. Не только понимать и осознавать, но и эффективно действовать человек может только на основе целостного знания.

Язык общения должен обеспечивать пользователя простыми средствами однозначной формулировки задачи в рамках конкретных приложений. Однако научить ЭВМ понимать естественный язык очень трудно, так как предложения в человеческой речи часто бывают неоднозначными и скорее подразумевают какие-то факты, чем непосредственно констатируют их [1].

Проблема приобретения знаний компьютерными системами является ключевой как с позиций понимания устройства человеческого знания, так и с позиций производства новых компьютерных систем.

Одним из источников знаний для интеллектуальных систем является множество текстов предметной области. Из всего этого множества можно выделить класс так называемых “текстов исходных данных”. Анализ этого класса текстов показал, что они состоят из набора более или менее однотипных конструкций. Еще одной отличительной чертой выделенного класса текстов является то, что информация, заложенная в них, носит декларативный характер и не подлежит занесению в базу знаний [2]. Тем не менее иметь возможность извлечь эту информацию необходимо, так как не всегда возможно или удобно задать исходные данные решающей программе в понятном ей виде.

Повторение в тексте одних и тех же конструкций делает возможным научить ЭВМ автоматически извлекать нужную информацию из каждой конструкции. Тщательно проанализировав все конструкции языка, используемые в данном типе текста, можно сделать вывод о том, что все конструкции можно разбить на группы, количество которых конечно и не- велико. А, следовательно, для каждой группы конструкций можно разработать свою стратегию поведения программы. При правильном разбиении на группы различия между конструкциями внутри группы не- значительны и существенно не влияют на поведение программы.

Распознать каждую группу можно по некоторому слову, наличие которого в данной конструкции обуславливает расположение остальных элементов. Рассмотрим все вышесказанное применительно к решению задачи оптимизации потоков на сетевых моделях.

При решении задач этого класса модель представляется в виде графа, который задается в виде матрицы весовых коэффициентов. Для графов с небольшим (порядка 10) количеством вершин не составляет особых сложностей ввести эту матрицу вручную, но для большего числа вершин становится легче описать этот граф текстом. Это происходит потому, что при описании графа текстом необходимо указать только существующие связи, а не все возможные (т.е. и несуществующие тоже).

Информация, которую мы будем искать в этом тексте - это длина дуги между двумя вершинами.

Рассмотрим пример текста, описывающего граф:

“ Граф включает 5 вершин. Первая и вторая вершины соединены с третьей, которая связана, в свою очередь, с четвертой и пятой вершинами. Пятая вершина связана дугой с первой вершиной. Длины дуг следующие: между первой и третьей вершиной - 5; между второй и третьей вершиной - 6; между третьей и четвертой вершиной - 3; между третьей и пятой вершиной - 8. Длина дуги от пятой вершины до первой равно 10. ”

В этом тексте представлены некоторые варианты конструкций, а также видны некоторые проблемы, с которыми сталкивается разработчик программы. Основные из них: неполная информация в одной конструкции (“Пятая вершина связана дугой с первой вершиной”) и сложноподчиненное предложение, составными частями которого являются конструкции с неполной информацией (“Первая и вторая вершины связаны с третьей, которая связана, в свою очередь, с четвертой и пятой вершинами”). Первая проблема возникает из-за того, что программа может единовременно рассматривать только одно предложение. Поэтому для решения этой проблемы необходимо анализировать весь текст до конца. И только после этого проводить проверку на наличие данных и, в случае отсутствия каких-то данных, обращаться за помощью к пользователю. Для решения второй проблемы необходимо обеспечить возможность разбиения такого предложения на два простых. Дальнейшие действия совпадают с решением первой проблемы. Но возникает необходимость научить программу различать сложноподчиненные предложения, так как могут встретиться предложения, не требующие разбиения (например, “вершины i и j соединены между собой дугой, длина которой равна L”). Конечно, было бы гораздо проще и удобнее ввести жесткий формат текста, т.е. создать текст, состоящий только из простых предложений с полной информацией в них. Но тогда пришлось бы подготавливать каждого пользователя, а это противоречит основному принципу, высказанному в начале статьи: “Естественность языка … состоит … в том, чтобы он позволял вести взаимодействие с системой без какой бы то ни было подготовки пользователя”.

На основании всего вышесказанного можно предложить следующий алгоритм выделенного класса текстов:

- За всеми порядковыми числительными, где это необходимо, вставить относящиеся к ним существительные в соответствующем падеже.
- Заменить все числительные, написанные словами, на числительные, написанные цифрами.
- Заменить необходимые сложноподчиненные предложения простыми.
- Взять первое предложение текста.
- Искать в нем первую конструкцию.
- Если конструкция обнаружена, то извлечь информацию и удалить конструкцию из предложения.
- Если обработаны не все конструкции, то взять следующую и перейти на шаг 6.
- Если обработан не весь текст, то взять следующее предложение и перейти на шаг 5, иначе конец.

Первые три пункта алгоритма предназначены для приведения текста к некоторой стандартной форме для облегчения распознавания.

Предложенный алгоритм реализован на искусственном языке. Применение алгоритма при решении некоторых практических задач обработки текстов на естественном языке подтвердило его работоспособность и высокую эффективность.

В заключение следует признать, что предложенный метод не лишен недостатков. Вместе с тем к несомненным достоинствам предложенного метода относится скорость, с которой обрабатывается текст.

Литература

1. Г. С. Осипов. Приобретение знаний интеллектуальными системами. - М.: Наука. 1997.
2. Статические и динамические экспертные системы./ Э. В. Попов, И. Б. Фоминых, Е. Б. Кисель, М. Д. Шапот. - М.: Финансы и статистика. 1996.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ В САХАРОСОДЕРЖАЩЕМ РАСТВОРЕ В ПРОЦЕССЕ ДЕФЕКАЦИИ И САТУРАЦИИ

Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.
КГТУ им. И Раззакова
scherikov@inbox.ru

Для изучения растворимости извести в объеме жидкости в производственных условиях разработана методика исследования, т.е. ориентированные воздействия оксида кальция на разрушение редуцирующих веществ в объеме сахаросодержащего сока с использованием производственных аппаратов.

For the study of solubility of lime in the volume of fluid in a production environment has developed a methodology of research, i.e. oriented effects of calcium oxide in the destruction of reducing substances in the volume of sugar-containing juice with the help of the production apparatus.

1. **Введение.** Из литературных источников известно, что растворимость оксида кальция в процессе дефекации и сатурации в объеме жидкости в зависимости от конструктивных оформлений аппаратов недостаточно изучена, т.к. из-за этих причин коагуляция и агрегатирование осадка в разных аппаратах, имеющих разные конструктивные оформления, будут отличаться. А это сказывается потом на эффективности фильтрации и свойствах фильтрационного осадка.

2. В процессе очистки диффузионнного сока от несахаристых веществ наиболее важное значение имеет растворимость оксида кальция (известь). Чтобы достичь этого, на сахарных заводах после обжига известняка оксид кальция растворяют на воде, т.е. получает известковое молоко, а потом добавляют его в диффузионный сок. На превращение 1 кг CaO в $Ca(OH)_2$ до плотности известкового молока (1,19÷1,2 г/см^3) завод расходует около 5,3 кг воды. В воде известь растворяется плохо. Повышение температуры уменьшает ее растворимость, так как при растворении выделяется тепло (согласно принципу Ле Шателье) в количестве 11,74 кДж/(г·моль).

3. Известь в основном растворяется в процессе дефекации, так как содержание сахара в соке способствует дальнейшему улучшению ее растворимости. Улучшение растворимости в сахарных растворах обусловлено образованием полусахарата кальция, в котором на один ион двухвалентного кальция приходится два остатка молекул сахарозы, что доказывают результаты, полученные профессором Сапроновым А.Р. (табл. 1) /1/.

Таблица 1

Растворимость извести (в%) при различной температуре, ˚С

Содержание сахарозы в растворе, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0,130	0,124	0,114	0,107	0,097	0,088	0,076	0,068	0,067
5	0,642	0,508	0,389	0,268	0,207	0,172	0,131	0,109	0,092
10	1,455	1,163	0,925	0,725	0,528	0,376	0,272	0,185	0,110
15	2,310	2,632	1,923	1,440	1,052	0,723	0,516	0,300	0,164
20	4,450	3,581	2,917	2,258	1,680	1,174	0,728	0,523	0,360

Цель исследования Для изучения растворимости извести в объеме жидкости в производственных условиях при разработке методики исследований с использованием производственных дефекаторов и сатураторов.

Методы исследования Косвенные методы исследования, т.е. ориентирование воздействия оксида кальция на разрушение редуцирующих веществ в объеме сахаросодержащего сока.

В процессе исследования на заводе перерабатывался тростниковый сахар-сырец. Завод работал по типовой схеме с полным разложением редуцирующих веществ в процессе очистки клеровки сахара-сырца. На очистку поступала смесь клеровки сахара-сырца в количестве 298% к массе сырца, в том числе клеровки – 193% . Смесь клеровки с температурой 75÷80 ˚С подавали на дефекацию и добавляли известь до щелочности 1,5÷2,0% CaO по фенолфталеину (pH 11÷11,2). Расход извести составлял 3,8÷4,0% CaO к массе сахара-сырца. Из общего расхода ее на дефекацию расходовали 3,3÷3,5% CaO, в контрольный ящик перед второй ступенью сатурацией - 0,5% CaO к массе сахара-сырца. Длительность дефекации составляла 10 мин. Смесь клеровки, обработанной известковым молоком, сатурировали на первой ступени до щелочности 0,08÷0,10% CaO (pH 10,6÷10,8), на второй ступени 0,025÷0,03% CaO по фенолфталеину (pH 9÷9,2). После этого клеровку подогревали до 80÷85% и подавали на фильтрование.

На существующей схеме дефекацию осуществляли в типовом дефекаторе с мешалкой (рис.1). Мешалка представляла собой вал с приваренными тремя лопастями, вращающийся с частотой 60 мин $^{-1}$ от электродвигателя мощностью 30 кВт. Для проведения первой и второй ступени сатурации применяли типовые сатураторы, в которые сатурационный газ подается снизу четырьмя соплами тангенциально относительно корпуса. Над соплами по высоте установлены три решетки с интервалом 1 м. Клеровка подавалась в аппарат сверху (рис.2).

Опыты проводили на Карабалтинском сахарным заводе. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что редуцирующие вещества в процессе дефекосатурации значительно разрушаются, но не полностью.

Таблица 2

Средние качественные показатели сахара-сырца, смеси клеровки, поступающие на очистку и после очистки

Наименование	Цветность, усл. ед	pH	РВ, % к массе продукта
Сахар-сырец	37,6	6,4	0,34
Смесь клеровки сахара-сырца и возвратов до очистки	36,4	7,6	0,28
Дефекованная клеровка	-	11,3	0,021
Смесь клеровки сахара-сырца и возвратов после очистки	25,5	9,3	0,015

Причина неполного разложения редуцирующих веществ в типовых аппаратах объясняется некачественным смешиванием известкового молока с клеровкой в типовом дефекаторе, которое объясняется тем, что в типовом дефекаторе наиболее лучшее перемешивание происходит в зоне, где лопасти соприкасаются с жидкостью, а в остальном объеме аппарата наблюдаются застойные явления и «проскок» продукта, в результате чего растворимость оксида кальция в объеме жидкости недостаточна и неэффективна, поэтому реакции разложения редуцирующих веществ протекают недостаточно полно. В застойных зонах скорость раз-

ложения редуцирующих веществ всегда меньше, чем в рабочем объеме. Некачественное перемешивание клеровки с реагентом повторяются и в типовом сатураторе. Чтобы ориентироваться в процессе дефекации и сатурации на действие оксида кальция на жидкость, т.е. по высоте и от центра до периферии, нами был разработан метод исследования, позволяющий определить разрушение редуцирующих веществ воздействием оксида кальция, а также кинетику образования фильтрационного осадка. Для этого мы устанавливали пробоотборники в разных точках устройств (рис. 1 и 2). Из рис. 1 видно, что отбор проб производили в трех точках по высоте столба жидкости и в каждой из этих точек по сечению аппарата в двух местах: в центре и на периферии. При отборе проб сначала удаляли клеровку, находящуюся внутри трубы, затем отбирали свежую клеровку для анализа. В отобранных пробах содержание редуцирующих веществ определяли ,следуя «Инструкции по химико-техническому контролю и учету производства при переработке сахара-сырца».

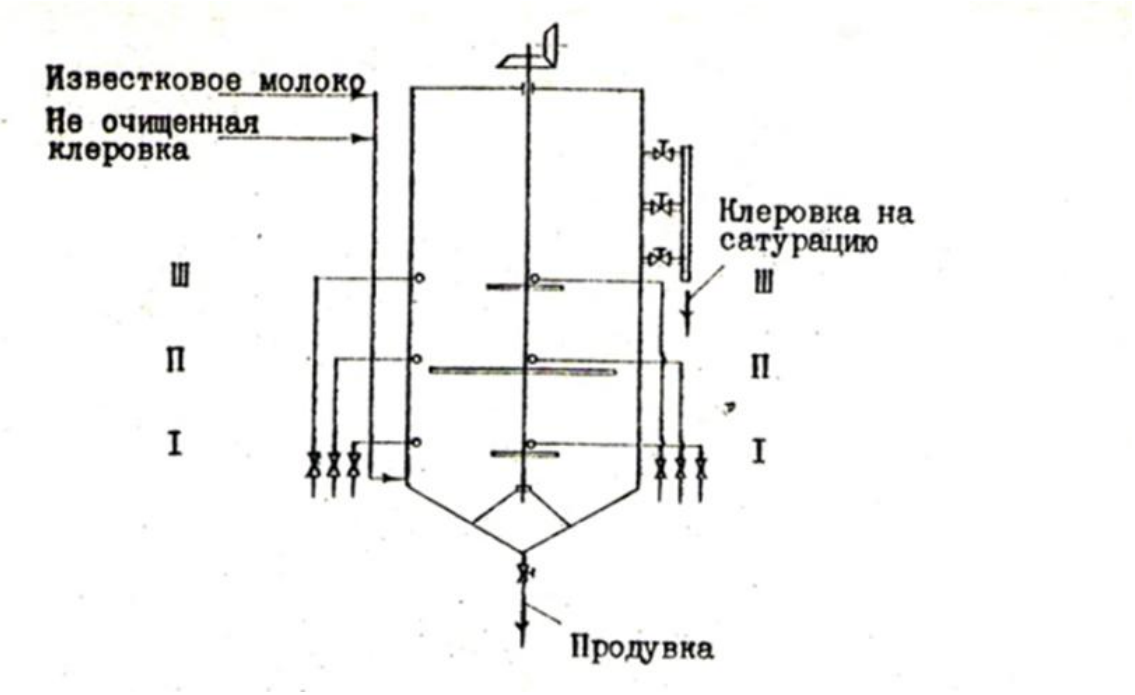


Рис. 1. Места отбора проб в типовом дефекаторе

Оксид кальция способствует разрушению редуцирующих веществ, поэтому мы из отобранной пробы, (из одного уровня, но на разных местах,)определяли содержание редуцирующих веществ в клеровке. Это позволило узнать распределение оксида кальция по сечению и по высоте жидкости и ее растворимость в зависимости от конструктивного оформления аппаратов. В табл.3 приведены данные содержания редуцирующих веществ в отобранных пробах из типового дефекатора.

Таблица 3

Скорость разложения РВ в объеме клеровки в процессе дефекации в типовом дефекаторе

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта		Разность разложения РВ, % к массе продукта
	в центре аппарата	в периферийных зонах аппарата	
Сечение I-I			
1	0,201	0,273	0,072
2	0,187	0,248	0,061
3	0,195	0,254	0,059
4	0,224	0,232	0,008
5	0,204	0,297	0,093
Средн. значение	0,202	0,261	0,059
Сечение II-II			
1	0,095	0,114	0,019
2	0,104	0,131	0,027
3	0,117	0,139	0,022
4	0,084	0,098	0,014
5	0,089	0,118	0,029
Средн. значение	0,098	0,119	0,021
Сечение III-III			
1	0,023	0,079	0,056
2	0,025	0,073	0,048
3	0,024	0,071	0,047
4	0,021	0,068	0,047
5	0,027	0,085	0,058
Средн. значение	0,024	0,075	0,051

В ходе работы выяснили, что эффективность перемешивания по объему типового аппарата дефекатора не одинаковая, и вследствие этого разложение редуцирующих веществ в одном и том же сечении отобранной пробы в центре аппарата ускоряется, а на периферии аппарата замедляется. Обнаружено также, что в отобранной пробе на сечении II-II разница между разложенными редуцирующими веществами в центре и на периферии аппарата несколько ниже, чем в сечении I-I и III-III.

В табл. 4 и на рис. 2 приведены данные о содержании редуцирующих веществ в пробах, отобранных из 6 точек в типовом сатураторе первой ступени. Окончательное разложение редуцирующих веществ происходит в процессе сатурации. Здесь также конструкция аппаратов для сатурации немаловажна, она существенно влияет на полное разрушение редуцирующих веществ, содержащихся в дефекованной клеровке.

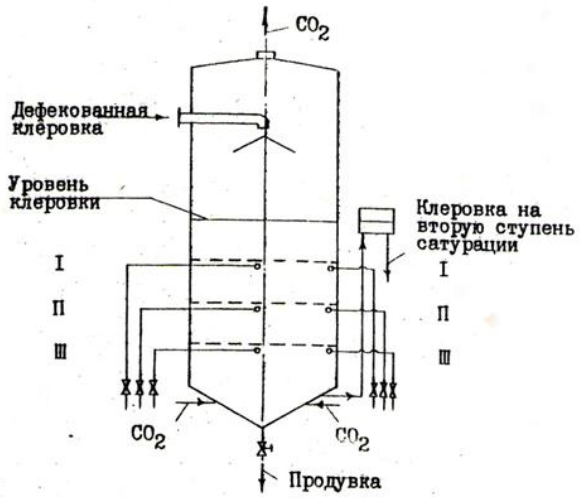


Рис. 2. Места отбора проб в типовом сатураторе первой ступени

Таблица 4

Скорости разложения РВ в объеме клеровки на первой ступени сатурации в типовом сатураторе

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта	
	в центре аппарата	в периферийных зонах аппарата
Сечение I-I		
1	0,020	0,021
2	0,019	0,019
3	0,021	0,020
4	0,020	0,021
5	0,020	0,020
Средн. значение	0,0196	0,0202
Сечение II-II		
1	0,018	0,019
2	0,017	0,017
3	0,019	0,019
4	0,018	0,020
5	0,017	0,019
Средн. значение	0,017	0,018
Сечение III-III		
1	0,017	0,018
2	0,015	0,016
3	0,016	0,018
4	0,016	0,017
5	0,015	0,016
Средн. значение	0,0154	0,0017

Данные табл. 4 показывают, что установленные в сатураторе решетки значительно уменьшают разрыв разности разложения редуцирующих веществ в центре аппарата и на периферии.

Выводы. 1. Изменением гидродинамики жидкости можно достичь во всех частях объема клеровки равномерного и эффективного разрушения редуцирующих веществ с помощью оксида

кальция и получить однородный фильтрационный осадок с целью дальнейшего его вторичного использования.

2.Фильтрационный осадок, имеющий однородные частицы, при использовании его в качестве сорбционных материалов для очистки соков и сточных вод, будет иметь равномерную, эффективную, активную поверхность, способствующую эффективной адсорбции сорбтивов.

3. Применяя разработанный метод исследования, можно прогнозировать пути интенсификации очистки клеровки тростникового сахара-сырца с полным разложением редуцирующих веществ в процессе дефекации и сатурации и моделировать более эффективные конструкции аппаратов.

Литература

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. –М: Агропромиздат, 1986г. -431с.

УДК 62-714.71:663.86.054.2:663.054.2

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ БРОЖЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ БРОДИЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА «МАКСЫМ»

Чериков С.Т., Баткибекова М.Б.,
Коенов А.Т., Айталиева М.М.
КГТУ им. И. Раззакова,
Калинина Н.А. ОсОО «Абдыш-Ата»
scherikov@inbox.ru

Испытана конструкция опытного теплообменного аппарата, разработаны способы проведения сбраживания в самом аппарате, дображивания в таре при закрытой крышке при производстве национального напитка «Максым».

Developed and tested design of an experimental heat-exchange apparatus and methods of fermentation in the unit, tanks in the container with the lid closed in the production of national drink «Максым».

Введение. В бродильном производстве для тепловой обработки (для проведения процесса брожения, растворения, нагревания и уваривания) сырья или полуфабрикатов применяют теплообменные аппараты периодического и непрерывного действия. В маломощных и среднемощных производствах в основном используются аппараты периодического действия, так как в этих производствах поточность переработки продуктов отсутствует. По конструкции эти аппараты выполняются закрытыми, работают под небольшим давлением. Для перемешивания продуктов во время тепловой обработки в реакционных камерах устанавливают мешалки с разнообразной формой лопастей [1].

В типовой линии производство национального напитка в процессе работы для клерования (растворения) добавляемых ингредиентов в объеме основного продукта используются отдельные конструкции оборудования, а для тепловой обработки другие. В процессе используемые многочисленные аппараты, насосы, арматура снижают эффективность производства и приводят к увеличению потерь теплоэнергетических ресурсов, занимают большие площади. При изготовлении отдельных аппаратов также увеличивается расход материалов.

Цель исследования. Разработка оптимальной конструкции аппарата и способов проведения брожения для оптимизации процесса брожения и для мо-

делирования опытных бродильных аппаратов для маломощных и среднемощных производств, производящих национальные напитки как «Максым», «Шоро», «Бозо» ит.д.

Методика исследования. Сравнительный анализ по конструктивному оформлению и способу проведения брожения в типовых аппаратах с опытной конструкцией аппарата и способов проведения брожения в производственных условиях.

Экспериментальная часть. С целью устранения вышеперечисленных недостатков нами разработана конструкция комбинированного аппарата, выполняющая несколько функций, т.е. проведение клерования, брожения с одновременной тепловой обработкой, а также уменьшающая количество аппаратов до минимума при производстве национального напитка «Максым» (рис. 1).



Рис. 1. Комбинированный бродильный аппарат: 1-цилиндрическая часть корпуса; 2- лопастная мешалка; 3-греющая рубашка

Аппарат состоит из вертикального цилиндра **1**, снабжен внутри лопастной мешалкой **2** и рубашкой **3** в нижней части корпуса снаружи. Передача теплоты от теплоносителя к стенкам аппарата происходит при омывании горячей водой или паром внешних стенок корпуса теплоносителем. В пространстве между рубашкой и корпусом циркулирует теплоноситель, который обогревает среду, находящуюся в аппарате. Рубашка крепится к корпусу при помощи сварки. По пространству, образованному рубашкой и корпусом, подается нагревающий агент.

При перемешивании в процессе работы аппарата повышается коэффициент теплоотдачи. Для равномерного распределения ингредиентов в объеме жидкости мешалка вращается со скоростью 40 об/мин. против часовой стрелки. Зазор между стенками цилиндра и лопастью составляет 2 мм. Изготовленная конструкция лопасти мешалки (рис.2) выполнена так, чтобы при вращении за счет

лобового сопротивления она будет подниматься. Для достижения такого эффекта верхняя часть боковых лопастей **2** и верхняя горизонтальная лопасть **3** согнуты вперед в сторону вращения. В этом случае нагрузка на подшипник (рис.3), где креплена мешалка в крышке аппарата, уменьшается. Также уменьшается нагрузка на привод.

Ранее использованная мешалка с прямой рамной лопастью в процессе работы часто ломалась. В течение одного года нам пришлось три раза менять подшипники, потому что при работе мешалка за счет собственного веса подвергала постоянной нагрузке подшипник. За счет увеличения нагрузки нам пришлось использовать электродвигатель более мощный, имеющий 5,0 кВт.

После установки в разработанной нами мешалке меняли электродвигатель с имеющейся мощностью 2,8 кВт. Поломок в устройстве не было уже второй год, и подшипник в мешалке работает без замены.

В результате использования разработанного аппарата уменьшены: занимаемая площадь, расход электрический энергии, расход пара.

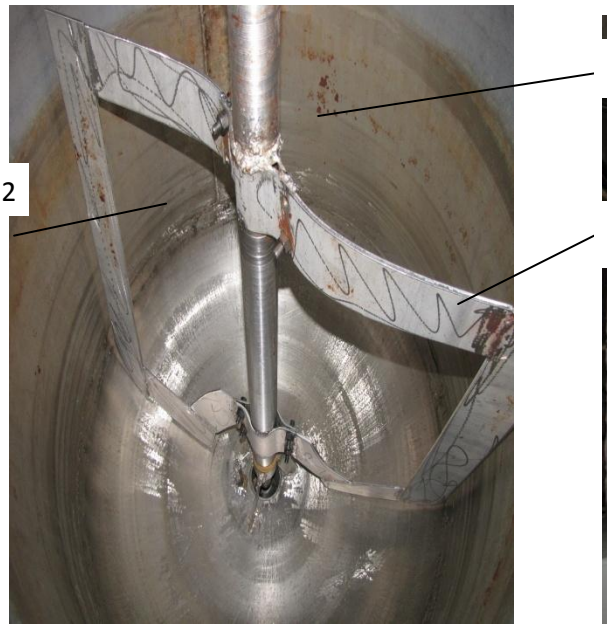


Рис. 2. Мешалка с лопастью: 1-вал мешалки; 2- боковые вертикальные лопасти; 3- верхняя горизонтальная лопасть

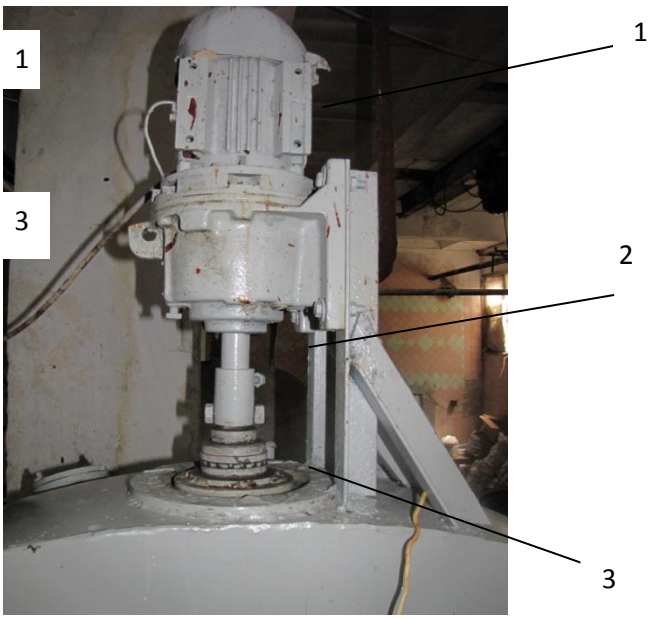


Рис. 3. Крепление мешалки к верхней части аппарата: 1-электродвигатель; 2-вал; мешалки. 3-подшипник.

В ранее использованной технологии получения национального напитка в производстве ОсОО «Абдыш-Ата» клерование ингредиентов, нагревание и проведение брожения проводились в отдельных двух аппаратах, а для дображивания напитка использовали еще один дополнительный аппарат. В каждом аппарате имелись свои индивидуальные насосы и арматура для перевода напитка с одного аппарата на другой. Многочисленные аппараты в сложно оформленной технологической линии усложняли работу. В нашем случае брожение проводили в одном комбинированном аппарате, до

браживание напитка проводили в самой таре. В качестве тары использовали ПЭТ бутылки объемом 1,0 и 1,5 литра. Для создания поточности работы в линии эти аппараты дублировали.

В нашем случае продолжительность процесса брожения напитка τ (ч) рассчитывали по формуле [2],

$$\tau = (1 / К_{бр}) \times \ln(S_0 / S),$$

где $К_{бр}$ – константа скорости брожения, $ч^{-1}$; S и S_0 – концентрация сахара соответственно в начале брожения и в момент времени τ, %.

Зная продолжительность брожения, нашли геометрические размеры, т.е. полезный и полный объем аппарата. Производительность брожений в линии для отдельных этапов рассчитывали после сопоставления и уточнения полученных нами экспериментальных данных в производстве, корректируя формулы [2]:

- для основного брожения

$$П_{об} = n_{об} V_{об} k_{об} / [(\tau_{об} + 0,5) \varphi_{об}];$$

- для дображивания и выдержки

$$П_{д} = n_{д} V_{д} k_{д} / [(\tau_{д} + 0,5) \varphi_{д}];$$

где $n_{об}$, $n_{д}$ - число рабочих суток работы аппарата и тары в месяц ($n_{об}$, $n_{д}$ = 30); $V_{об}$, $V_{д}$ – вместимость бродильного аппарата для основного брожения и общая вместимость тары для дображивания, дал; $k_{об}$, $k_{д}$ – коэффициенты заполнения бродильного аппарата и тары ($k_{об}$ = 0,9; $k_{д}$ = 0,95); $\tau_{об}$, $\tau_{д}$ – продолжительность основного брожения и дображивания, сут; $\varphi_{об}$, $\varphi_{д}$ - коэффициенты потерь напитка при основном брожении и дображивании ($\varphi_{об}$ = 1,06; $\varphi_{д}$ = 1,02).

Используя эти формулы, определили производительность и для опытного аппарата, и после корректировки, изготовили аппарат для проведения основного брожения с производительностью 0,5 тонн/час. Для создания цикличности работы линии установили параллельно две конструкции с производительностью П = 0,5 т/час с целью получения бесперебойной работы. При завершении работы на первом аппарате второй аппарат подключали на линию, а на первом производили санитарную обработку и подготовку к следующему этапу работы и процесса брожения. Дображивание производили в самой таре, заправленной напитком. Для этого до завершения дображивания напитка этикированные, упакованные готовые продукты держали в специально подготовленном помещении и после этого отправляли на реализацию.

Аппарат и способы брожения и дображивания напитка испытаны и внедрены в производстве ОсОО «Абдыш-Ата», выпускающего национальный напиток «Максым». Сырье в аппарат поступает при температуре 20°С. Температура пара - 120°С. Давление пара - 0,246 МПа. Продолжительность тепловой обработки составляет 45 мин. Расход пара - 229,0 кг/ч. В готовом продукте:

- массовая доля содержания CO2 составляет (0,34-0,36)%;
- кислотность (3,4-4,0)° Т;
- вкус сброженный, в меру соленый, свойственный данному напитку;
- цвет светло-коричневый;
- запах прожаренного зерна.

По предложенной схеме производился напиток «Максым» в течение 220 суток, т.е. весь производственный сезон. За это время выработано 793,6 тонны напитка. В периоде испытаний завод не испытывал затруднений по технологическому процессу. За счет внедрения новых способов и аппарата получен качественный продукт.

От экономии электрической энергии, тепла и за счет сокращения количества оборудования в технологической линии, уменьшения площади, занимаемой оборудованием, а также увеличения производительности производства получен общий экономический эффект в сумме 856000 (восемьсот пятьдесят шесть тысяч) сомов в год.

Литература

1. Драгилев А.И., Невзоров Г.М. Практикум по расчетам оборудования кондитерского производства. –М.: Агропромиздат, 1990. – 176 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн.: /С.Т.Антипов, И.Т.Кретов, А.Н.Остриков и др.; Под ред. В.А.Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. -1383 с.

УДК: 666.92:664.1:625

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ В САХАРОСОДЕРЖАЩЕМ РАСТВОРЕ НА СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА

Чериков С.Т., Баткибекова М.Б., Омурзакова А.Б.
КГТУ им. И Раззакова
scherikov@inbox.ru

Разработана конструкция опытного аппарата, интенсивно изменяющая гидродинамику жидкости при проведении дефекации и сатурации, способствующая улучшению активности оксида кальция для удаления несахаристых веществ и однородного структурирования фильтрационного осадка с целью его вторичного использования.

There is developed the design of the experimental apparatus intensively changing fluid-dynamics of the liquid in the bowel movement and in contributing to the improvement of the activity of calcium oxide to remove not the sugary substances and uniform structuring of filtration the sediment with a view to its secondary use.

Введение. На сахарных заводах в технологической линии очистки сока при проведении процесса дефекации и сатурации интенсивным изменением гидродинамики жидкости в аппарате можно достичь во всех частях объема сока равномерного и эффективного разрушения редуцирующих веществ с помощью оксида кальция, получить сок более очищенный от несахаристых веществ, и однородный фильтрационный осадок с целью дальнейшего его вторичного использования /1,2/. В этом случае фильтрационный осадок, имеющий однородные частицы, при использовании его в качестве сорбционных материалов для очистки соков и сточных вод будет иметь равномерную, эффективную, активную сорбционную поверхность, способствующую эффективной адсорбции сорбтивов. Для подтверждения вышесказанного нами разработана и изготовлена опытная конструкция устройства для изучения растворимости оксида кальция в объеме жидкости и эффективности удаления несахаристых веществ полученным однородным осадком при очистке сахарсодержащего раствора при проведении процесса дефекации и сатурации (рис. 1).



Рис.1. Устройство для изучения растворимости оксида кальция: 1 - и 2 – цилиндрическая часть корпуса аппарата; 3 – вал перемешивающего устройства; 4 – ручка ; 5 – барботер для CO_2; 6 – патрубок для подвода жидкости; 7 – патрубок для подвода реагента; 8 – высоконапорный гибкий шланг для подачи CO_2; 9 – манометр для измерения давления внутри аппарата; 10 – патрубок для удаления отработанной жидкости.

Цель исследования. В производственных условиях на сахарном заводе при проведении процесса дефекации и сатурации получение однородного структурированного осадка, эффективно действующего на сорбции сорбтивов при очистке соков и сточных вод.

Экспериментальная часть. С целью решения вышепоставленных задач изготовили конструкцию устройства для проведения исследовательской работы (рис. 1). Вместимость аппарата 70 литров. Конструкция состоит из горизонтально расположенного цилиндрического корпуса из двух частей 1 и 2. Внутри цилиндра по оси установлен полый вал 3, а к нему перпендикулярно приварены кронштейны с интервалом 150 мм, т.е. четыре штука в одном ряду. По окружности вала другие кронштейны расположены в интервале по 120˚ и смещением относительно другого ряда на 50 мм. К каждому кронштейну приварена перфорированная лопасть. Общее число лопастей в аппарате 12. Находящиеся в одном ряду лопасти приварены к кронштейну относительно к валу по 60˚.Они направляют течение жидкости в разные стороны. Кроме этого, лопасти размешены по окружности от вала до периферии на разных расстояниях. Такое расположение лопастей повторяется и в других двух рядах, Один конец вала находится во втулке, приваренной внутри корпуса, а другой конец выходит наружу. Выходящая часть вала установлена в двухрядном роликовом подшипнике и снабжена манжетом и специальным сальником для устранения утечки жидкости и газа в процессе работы. Вал вращается с помощью ручки 4 или электродвигателем для проведения опытов в разном режиме. Для предотвращения вращения жидкости при вращении лопастей, по длине на внутренней стороне корпуса аппарата в трех местах с интервалом 120˚ по окружности жестко закреплены контрлопасти. В нижней части внутри устройства установлен барботер 5 для подачи газа, а в верхней части установлены патрубки для подачи жидкости 6 и известкового молока 7. Газ (CO_2) подается из углекислотного баллона с помощью высоконапорного гибкого шланга 8. Для контроля давления аппарат снабжен манометром 9. После выполнения опыта отработанная жидкость сливается с нижней части конструкции с помощью патрубка, снабженного краником 10.

Устройство работает следующим образом. Сначала закрывали нижний вентиль. После этого в каждом опыте с верхней части установленного патрубка 6 в емкость заправляли 50 л диффузионного сока, полученного в заводских условиях, туда же подавали известковое молоко с расходом, установленным технологическим режимом на заводе. Соблюдали и остальные технологические режимы, т.е. время пребывания сока в заводском дефекаторе и число оборотов вала перемешивающего устройства. Отличие предлагаемого устройства от типовых заводских устройств заключается в том, что при проведении процесса дефекации в объеме сока исключаются застойные зоны. Распределение и растворимость оксида кальция по всему объему сока протекает равномерно благодаря интенсивному перемешиванию в устройстве, рассчитанном на хаотично направляенное течение жидкости и реагента внутри корпуса. От этом можно судить по разрушению редуцирующих веществ с оксидом кальция (табл.1), разрыв резко отличающемуся от типового аппарата.

После завершения дефекации сразу же проводили процесс сатурации. Для этого в дефекованный сок подавали углекислоту (CO_2) через барботер (рис.1, поз. 5). За счет эффективного перемешивания жидкости с реагентом при проведении сатурации в предложенной конструкции получили достаточно хорошо фильтруемый осадок, несмотря на комбинирование I и II ступени сатурации в одной конструкции. При проведении сатурации в опытной конструкции соблюдали все технологические режимы аналогично в заводскому аппарату при сатурации II ступени.

Таблица 1

Скорость разложения РВ в объеме сока в процессе дефекации в предложенном устройстве

Номер опыта	Содержание РВ, % к массе продукта		Разность разложения РВ, % к массе продукта
	до аппарата	после аппарата	
1	0,285	0,025	0,260
2	0,283	0,023	0,260
3	0,292	0,029	0,263
4	0,294	0,031	0,263
5	0,281	0,019	0,262
Средн. значение	0,287	0,0156	0,2616

После проведения дефекации и сатурации в опытной конструкции обработанный сок с реагентами фильтровали в нами разработанной двухступенчатой конструкции фильтра (рис. 2). В этой же конструкции отфильтровывали сок, полученный на заводской линии после II ступени сатурации.

Опытная конструкция фильтра имеет конструктивное отличие, например от дискового фильтра или от ФиЛС. Отличие двухступенчатой конструкции фильтра от других аналогичных конструкций в том, что фильтрация сразу же протекает сквозь двух фильтровальных тканей, ступенчато, без рециркуляции жидкости. На второй ступени можно ставить другую фильтровальную ткань, например имеющую меньшую пору.



Рис. 2. Двухступенчатый фильтр: 1 – цилиндрический корпус фильтра; 2 – крышка фильтра; 3 – фильтрующие элементы; 4 – гибкий шланг для подачи воздуха от компрессора; 5 – манометр для измерения давления внутри аппарата.



Рис. 3. Фильтрующие элементы: 1 –нижняя часть корпуса фильтра; 2 – держатель фильтрующего материала; 3- фильтрующий материал; 4 – зажимные болтовые соединения.

На опытной конструкции фильтра в обоих случаях заправляли по 50 л отсатурированного сока. Для фильтрующего материала I ступени использовали бельтинг, на II ступени лавсан, а в качестве опорных фильтрующих перегородок использовали перфорированные нержавеющие листы, а между ними расположили фильтрующие ткани (рис. 3). Над соковым пространством создавали постоянное давление воздуха 0,35 МПа с помощью компрессора.

После фильтрации, когда перестал течь сок, открутили болтовые соединения, осторожно освободили фильтровальные ткани, покрытые осадком, по отдельности от держателя фильтрующего материала. Визуальное наблюдение показало, что в типовой конструкции аппаратов полученный осадок на первом фильтре составил около 40%, на втором фильтре около 60%. Эти осадки по отдельности сушили на открытом воздухе при температуре 70 ˚С и взвешивали. При этом подтвердилось, что соотношение примерно 40% на первом, 60% на втором фильтре. Было видно, что на первом фильтре оставались более грубые осадки, на втором фильтре более мелкие осадки.

В опытной конструкции полученные осадки анализировали аналогично типовой конструкции. На этот раз в первом фильтре осталось осадка 85%, на втором 15%. Частицы высушенного осадка из первого фильтра были более крупные и однородные. Это подтвердилось при проверке с помощью 2000- кратно увеличивающего электронного микроскопа.

Выводы. 1. Из полученного результата следует, что из-за плохого распределения и растворимости CaO в объеме жидкости в типовых аппаратах осадок образуется неоднородный и плохофильтруемый. В заводском вакуум-фильтре на барабан накладывают только один слой фильтрующего материала. Мелкозернистые частицы осадка, полученные на типовых аппаратах, в начале фильтрования проходят через ткань и остаются в составе сока, а после образования слоя осадка на поверхности материала они забивают поры фильтрующего материала и затрудняют скорость фильтрации.

2. На опытной конструкции полученный однородный осадок при дальнейшем использовании его в качестве сорбента или в качестве добавочного сырья для комбикормов будет иметь более эффективный вариант. Получение однородного структурированного осадка позволяет в дальнейшем при получении сорбента и добавок для комбикормов из новообразующих осадков обойтись без дополнительного измельчения.

3.Проведенные опыты подсказывают, какие конструкции аппаратов должны иметь заводы. На опытной конструкции процесс сатурации протекает почти в два раза быстрее, скорость фильтрации сока увеличивается,для получе-

ния вторичных материалов из новообразующего фильтрационного осадка создается хорошее сырье.

Литература

1. Бугаенко И.Ф., Ишина Е.П. Структура фильтрационного осадка и его седиментационные и фильтрационные свойства. «Сахарная промышленность», 1983, №4, с.41-43.
2. Чериков С.Т., Ибрагимов М.Т., Сапронов А.Р., Славянский А.А., Шабданбеков У.Ш. Усовершенствованная установка для сатурации клеровки тростникового сахара-сырца. «Сахарная промышленность»,1987, №9, с.30-31.

УДК 664.84.087

СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В КАРТОФЕЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ

Супонина Т.А., Алымкулова Н.Б.
КГТУ им. И. Раззакова

В данной работе приводятся результаты исследований влияния сортовых особенностей, предварительной обработки при разных температурах замораживания на содержание аскорбиновой кислоты и пригодности разных сортов картофеля к замораживанию.

The content of ascorbic acid in the potato depending on the storage conditions Ph.D. candidate of technical science.

Введение

Быстрое замораживание пищевых продуктов является одним из наиболее эффективных способов консервирования. Несмотря на то, что картофель и не отличается значительным содержанием аскорбиновой кислоты, он является ее важным источником вследствие относительно высокой удельной доли его в пищевом рационе человека. В связи с большой разрушаемостью аскорбиновой кислоты при обработке и хранении продуктов, важно исследовать влияние замораживания на ее содержание в картофеле при производстве быстрозамороженной продукции и установить, какие условия являются оптимальными для лучшей сохранности этого витамина. Содержание аскорбиновой кислоты в замороженном картофеле может служить самостоятельным критерием оценки его качества и возможности дальнейшего хранения. Витаминными свойствами обладает L-аскорбиновая кислота (АК), которая легко окисляется, образуя дикетогулоновую кислоту (ДАК), сохраняющую витаминную активность и при восстановлении вновь переходящую в L-аскорбиновую кислоту. При pH7 и выше дегидроаскорбиновая кислота необратимо окисляется в L-дикетогулоновую кислоту (ДКГК), которая не обладает витаминной активностью [1].

Цель исследования

Целью работы является определение оптимальных режимов замораживания для сохранности витамина С и качества картофеля.

Методы исследования

Метод количественного определения аскорбиновой кислоты с использованием прямого титрования раствором 2,6-дихлорфенолиндоферола, с помощью которого определяют аскорбиновую кислоту в овощах и фруктах, не содержащих естественных пигментов, учитывает лишь количество восстановленной формы аскорбиновой кислоты. Для более полного изучения влияние замораживания на степень окисления аскорбиновой кислоты использовали модифицированный В.В. Соколовским метод раздельного

определения аскорбиновой, дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислот в биологических тканях [2].

Экспериментальная часть

Эксперименты проводили с использованием сортов картофеля, районированных в Кыргызской Республике: Баткен, Драга, Пикассо, Невский. Картофель мыли, очищали и нарезали кусочками толщиной 1см. Клубни одной партии бланшировали в кипящей воде в течение 1,5 мин, другой – промывали холодной водой. Обсушенные кусочки картофеля укладывали в полиэтиленовые пакеты и замораживали в скороморозильном аппарате при минус 40ºС до температуры в центре образцов -18ºС. и -25ºС. Замороженный картофель хранили в прилавках при соответствующих температурах.

Для каждой экспериментальной точки проводили не менее трех измерений. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики. Данные представлены в табл. 1.

Результаты исследований

Установлено, что отдельные сорта картофеля отличались по первоначальному содержанию аскорбиновой кислоты и по ее количеству после замораживания. Пригодность различных сортов картофеля к замораживанию определяется рядом факторов, одним из которых является достаточно высокое содержание аскорбиновой кислоты, что, как правило, обусловливает получение замороженного продукта с более светлой окраской. Клубни сорта Драга отличались самым низким содержанием витамина С по сравнению с другими сортами. В этом, по-видимому, и состояла одна из причин сильного потемнения замороженных образцов картофеля этого сорта, что свидетельствовало о непригодности его к замораживанию. Существенное влияние на сохраняемость витамина С оказывала температура замораживания. Установлено, что чем ниже конечная температура замораживания, тем лучше сохранялись активные формы аскорбиновой кислоты. Наименьшее количество витамина С содержалось в картофеле, замороженном при -10ºС. Особенно чувствительной к конечной температуре замораживания оказалась восстановленная форма аскорбиновой кислоты. Во всех исследуемых сортах картофеля она разрушалась к наибольшей степени при -10ºС. Однако существенной разницы в содержании витамина С в образцах, замороженных до -18ºС и -25ºС, не обнаружено. При бланшировании картофель терял некоторое количество витамина Сза счет перехода активных форм аскорбиновой кислоты в инертную форму – дикетогулоновую кислоту (табл. 1). Однако эти потери восполнялись при хранении замороженного картофеля, так как в бланшированном витамин С сохранялся лучше, чем в небланшированном, вследствие инактивации ферментов, вызывающих ферментативную порчу, в частности потемнение. При бланшировании инактивировались, по-видимому, и аскорбинотоксидаза, катализирующая окисление аскорбиновой кислоты. Это способствовало сохранению более высокого содержания активных форм аскорбиновой кислоты при длительном хранении бланшированного картофеля.

Выводы

Таким образом, исследования показали, что сортовые особенности картофеля, условия его предварительной обработки, замораживания и хранения существенно влияют на сохраняемость активных форм аскорбиновой кислоты. Пригодными к замораживанию следует считать Баткен, Пикассо, Невский, а оптимальной конечной температурой замораживания и хранения бланшированного картофеля -18ºС.

Литература

1. Марх А.Т. Биохимия консервирования плодов и овощей –М.: Пищевая промышленность, 1983,-371с.
2. Марх А.Т., Зыкина Т.Ф. Технохимический контроль консервного производства. – М.: Агропромиздат, 1989,-304с.

Таблица 1.

Изменение содержания витамина С в замороженном картофеле

Сорт	Содержание в картофеле, мг на 100г											
	Свежем			Замороженном								
	АК	ДАК	ДКГК	-10ºС			-18ºС			-25ºС		
				АК	ДАК	ДКГК	АК	ДАК	ДКГК	АК	ДАК	ДКГК
Баткен												
Небланшированный	14,4	15,2	21,6	3,2	11,0	31,3	3,7	14,5	20,3	5,1	12,0	27,1
Бланшированный	11,8	9,6	36,4	1,0	11,0	38,8	2,0	12,5	23,9	4,0	12,3	31,8
Невский												
Небланшированный	12,9	7,0	41,9	2,2	6,8	41,5	3,7	10,6	20,8	4,7	12,6	32,6
Бланшированный	10,3	6,2	42,4	1,4	8,2	40,0	3,0	10,4	18,4	3,5	12,3	34,1
Драга												
Небланшированный	4,8	6,6	39,5	1,9	6,8	30,9	1,4	11,3	28,5	4,5	6,9	31,7
Бланшированный	3,7	6,1	41,4	1,0	4,4	32,2	0,7	10,4	36,1	3,9	6,5	31,6
Пикассо												
Небланшированный	7,1	9,2	32,3	1,9	10,4	27,1	4,4	9,4	33,0	5,4	9,0	40,1
Бланшированный	5,5	8,6	40,5	0,3	10,0	22,05	3,0	9,4	32,3	4,8	8,8	43,4

УДК.:546.26-034.26:621.357.1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ХРОМ-ШУНГИТ RESERCH FORMATION of POSSIBILITY the nano-COMPOSITE ELECTROLYTIC COATINGS of CROME – SHUNGITE

И.С.Каримова
КГТУ им. И. Раззакова

Проведено исследование возможности получения композиционных электролитических покрытий (КЭП) на основе универсального электролита хромирования путем ввода в него дисперсных частиц шунгита. Установлено, что поскольку в состав шунгита входят разнообразные оксиды типа Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3 и др., а также углерод в виде фуллеренов, то получающаяся композиция представляет собой нано-поли КЭП на основе хрома. В зависимости от температуры электроосаждения нано-поли КЭП имеет широкий интервал микротвердости (3,3 - 10,3 ГПа) при хорошем сцеплении с основой.

Введение. Усилиями ученых разных стран на сегодняшний день со всей очевидностью установлено, что радикально проблему материалов современной техники и техники будущего можно решить, взяв за основу принцип композиции материалов.

Выход из строя деталей машин и инструмента в подавляющем большинстве случаев (до 95%) происходит не в результате поломок, а поверхностного разрушения от износа и коррозии, поэтому наиболее эффективным способом увеличения ресурса работы деталей машин и

инструмента является изготовление их из обычных, дешевых, подходящих конструкционных материалов с поверхностным упрочнением путем нанесения высокоэффективных защитных покрытий.

В настоящее время большой интерес ученых всего мира вызывают технологии создания новых защитных покрытий, полученных с использованием наноразмерных частиц (НРЧ). Это обусловлено тем, что при внедрении частиц дисперсной фазы в металлическую матрицу доминирующую роль играют квантовые эффекты. Поэтому нано-композиционные покрытия (нано-КЭП) обладают уникальными магнитными, электрическими, антикоррозионными свойствами и износотойкостью.

В связи с этим нами была поставлена цель - исследовать возможность получения нано-КЭП с использванием в качестве второй фазы шунгита.

В качестве матричного материала для формирования КЭП нами был выбран хром, т.к. он среди всех электроосаждаемых металлов обладает самой высокой твердостью, износостойкостью и антикоррозионной стойкостью во многих агрессивных средах. Высокая способность хрома быстро пассивироваться путем образования весьма прочной и надежной пленки привела к тому, что он стал основной и неотъемлемой компонентой всех сортов нержавеющих и жаростойких сталей. Эти уникальные свойства хрома и обусловили выбор его в качестве основного, матричного материала для формирования КЭП.

В качестве дисперсной фазы для формирования КЭП нами был выбран казахстанский шунгит Коксуского месторождения, имеющий широкий диапазон составов от углерода до оксидов различных металлов. По этой причине КЭП хром-шунгит по своему существу представляет собой поли-КЭП, т.е. композицию, состоящую не из одной, а из многих дисперсных фаз, сведения о которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав шунгита Коксуского месторождения по ТУ-7000РК 3873 5112-003-2002

Химическая формула	Усредненный хим. состав, %	Химическая формула	Усредненный хим. состав, %
C	4,0-15,0	K_2O	2,0-0,4
Al_2O_3	15,0	CaO	0,2-30,0
Na_2O	0,2-0,6	Fe_2O_3	3,5-4,0
SiO_2	29,0-70,0	MgO	0,7-3,7
TiO_2	0,3-0,9	микроэлементы	

Углерод в шунгите содержится в аморфном виде, в виде графита и фуллеренов, имеющих наноразмеры[1].

По современным представлениям дисперсность частиц, составляющих материал, является одним из определяющих факторов в формировании структуры и свойств материалов[2-4].

По мнению лауреата Нобелевской премии Ж. И. Алферова: «Если при уменьшении объема какого-либо вещества по одной, двум или трем координатам до размеров нанометрового масштаба возникает новое качество или это качество возникает в композиции таких объектов, то эти образования следует отнести к наноматериалам, а технологию их получения и дальнейшую работу с ними – к нанотехнологиям» [5].

Количественно этот размер условились принять равным 100 нм. Это значит, что если материал состоит из частиц, размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, то такие

материалы вправе называться наноматериалами, а технология их получения – нанотехнологией.

Мы применяли методику седиментационного отбора НРЧ, отработан-ную в АО «ЦНЗМО» Республики Казахстан [6]. Седиментационно отобран-ные НРЧ мы использовали для получения нанокомпозиционных электро-литических покрытий хром-шунгит.

Нано-поли КЭП получали из универсального электролита хромирования, содержащего 250г/л хромового ангидрида и 2,5г/л серной кислоты с разным количеством дисперсных частиц Коксуского шунгита (5, 10, 20г/л) при температурах 295-343 К, плотности тока J=5кА/м^2. Сведения о температурах электроосаждения и результатах испытания нано-поли КЭП на стали Ст-3 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Режимы получения нано-поли КЭП из универсального электролита при плотности тока J=5кА/м^2

№№ п/п	Температура К	Выход по току Вт, %	Толщина покрытия, мкм	pH	Микротвердость МПа
Шунгит -5г/л					
1	295	37	58	1,3	10364
2	298	24	38	1,2	9586
3	303	23	37	0,92	8248
4	313	17	26	0.88	6067,5
5	323	16	25	0.80	6067,5
6	333	12	19	0.76	3738,5
7	343	11	17	0,75	3340
Шунгит-10г/л					
8	295	29,5	46,5	1,3	8882
9	303	22.5	35,5	1,2	8065
10	313	15	25	0,92	5600,5
11	323	16	25	0,88	5377
12	333	11	17	0,80	3850
13	343	11	17,5	0,76	3727,5
Шунгит-20г/л					
14	295	25	39,5	0,97	8882,5
15	303	21	35	0,96	8488
16	313	18	28	1	5710
17	323	15	23	1	6222
18	333	11	17,5	1	4423,5
19	343	9,5	15	1	3797

Исходя из этих данных, можно сказать, что при постоянной силе тока и увеличении температуры выход по току и толщина покрытия уменьшаются, значения микротвердости также падают.

Таким образом, мы можем целенаправленно регулировать микротвердость и выход по току, изменяя температуру электроосаждения.

Кроме того, использование нано-КЭП хром-шунгит позволяет получать композиционные покрытия из дешевого матриала, что немаловажно в экономическом плане.

Литература

1. Коньков О.И., Теруков Е.И., Пфаундер Н. Фуллерены в шунгите. //ФТТ. Т.36. №10, 1994г.- С. 31-71.
2. Резчикова Т.В., Куркин Е.Н, Троицкий В.Н. Композиционный электролит хромирования с ультрадисперсной фазой //Физическая химия и электрохимия редких и цветных металлов. Тез. докл. 7 Кол семинар РАН 1992.- С. 103-104.
3. Каримова И.С., Яр-Мухамедов Ш.Х., Яр-Мухамедова Г.Ш. Роль степени дисперсности второй фазы в формировании композиционных электролитических покрытий. //Материалы Международной конференции «Металлургия XXI века - состояние и стратегия развития». Алматы, 2006.- С.616-618.
4. Каримова И.С., Яр-Мухамедов Ш.Х., Яр-Мухамедова Г.Ш. Некоторые аспекты научного обоснования выбора дисперсных фаз для осаждения КЭП. //Материалы Международной конференции «Металлургия XXI века - состояние и стратегия развития». Алматы, 2006.- С.558-561.
5. Алферов Ж.И., Асеев А.Л., Гапонов С.В. и др. Наноматериалы и нанотехнологии //Микросистемная техника, 2003. №8.- С.3-13.
6. Яр-Мухамедов Ш.Х., Яр-Мухамедова Г.Ш., Каримова И.С. Результаты исследования электролита для получения нано-композиционных электролитических покрытий хром-шунгит. Материалы второй Международной научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы». Алматы, КазНТУ, 2006. – С. 383-386.

УДК .: 544.273.4:621.74.011

КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ

Абдыкеримова А.С.
КГТУ им. И.Раззакова

Показано изменение свойств наноструктур в сравнении с массивными материалами. В зависимости от природы диэлектрической среды и наноструктурируемого материал, формируются простые наноструктуры, кластерные низкоразмерные соединения.

The change in the properties of nanostructures in comparison with bulk materials. Depending on the nature of the dielectric medium and the nanostructured material, forming a simple nanostructure, nanotube, cluster low dimensional compound.

В последнее время всё большее признание исследователей получает ква зикристаллическая кластерная модель жидких металлов [1].

Рассматривая кластеры как суператомы, можно прийти к интригующей возможности построения твердых материалов нового типа, структурными элементами которых являются не атомы или ионы, а кластеры атомов. Твердые тела, построенные из таких кластеров, могут обладать новыми интересными свойствами. Сделаны некоторые теоретические предсказания относительно свойств твердых тел, построенных из таких кластеров, как $Al_{12}C$. Атом углерода включен в структуру для достижения количеством валентных электронов – 40, при котором происходит замыкание электронных оболочек кластера, что повышает его стабильность. Именно стабильность – необходимое условие для построения твердых тел, так как кластеры с незамкнутыми оболочками могут химически взаимодействовать с соседями, что приведет к образованию более крупных кластеров. С помощью вычисле-

ний предсказано, что ГЦК-структура $Al_{12}C$ обладает очень малой шириной щели, составляющей порядка 0,05 эВ, т.е. материал будет полупроводящим. Рассматривалась также возможность построения ионных твердых тел из кластеров KAl_{13}. Так как сродство с электронами у кластера Al_{13} близко к значению для хлора, возможно, что это вещество будет иметь структуру, аналогичную структуре KCl. Показана возможная ОЦК структура такого материала. Вычислено, что энергия связи такого материала составляет 5,2 эВ, что сравнимо с энергией связи KCl, составляющей 7,19 эВ. Такое кластерное твердое тело весьма стабильно. Эти вычисления показывают, что возможны новые твердые тела с кластерами в качестве структурных единиц, и что такие тела будут обладать новыми интересными свойствами. Можно предположить даже появление новых высокотемпературных сверхпроводников с подобной структурой. Возможно, что из кластеров, обладающих магнитным моментом, можно построить и новые ферромагнитные материалы.

Кластерами принято считать наночастицы размерами до 10 нм, а по принятой классификации в нанотехнологии размеры наночастиц лежат в пределах до 100 нм. Размеры кластеров и наночастиц, соразмеримые с критическими длинами, характеризующими многие физические явления, придают им уникальные свойства, делая их интересными для различных областей приложения. Многие физические свойства определяются некоторой критической длиной, например, характерным расстоянием тепловой диффузии, или длиной рассеяния. Электропроводность металла в большой степени зависит от расстояния, которое электрон проходит между двумя соударениями с колеблющимися атомами или атомами примеси в твердом теле. Это расстояние называется средней длиной свободного пробега, или характерной длиной рассеяния. Если размер частицы меньше какой-либо характерной длины, возможно появление новых физических и химических свойств [2].

Можно принять за рабочее следующее определение: наночастица – это агрегат атомов с размерами от 1 до 100 нм, рассматриваемый как часть объемного материала, но с размерами меньше длин некоторых явлений [3].

Обычно кристаллическая структура наночастицы такая же, как и у объемного материала, но с несколько отличающимся параметром решетки. Рентгеновская дифракция для частицы алюминия размером 80 нм показывает элементарную ячейку ГЦК-решетки такую же, как и у объемного алюминия. Однако малые частицы золота с размерами 3-5 нм могут иметь икосаэдрическую структуру, хотя в объеме золото кристаллизуется в ГЦК-решетку.

Следует отметить, что структура изолированной наночастицы может отличаться от лиганд–стабилизированной структуры. Лиганд-стабилизацией называется присоединение неметаллических ионных групп к металлическим атомам или ионам.

Способ получения наноматериалов, импульной плазмы в жидкостях связан с пребыванием металлов в жидком состоянии. При этом температура, до которой нагревается расплав перед формированием наноструктур, время выдержки его при этой температуре, скорость охлаждения в области жидкого состояния влияют на структуру, а значит и на свойства будущих материалов. Результаты рентгенографических исследований жидкостей свидетельствуют о том, что для многих из них кривые интенсивности рассеяния очень сходны с дифрактограммами поликристаллических объектов с размерами микрокристалликов порядка 10^{-9} м. Это указывает на сохранение в микрообъемах жидкости некоторого подобия в распределении атомов с таковым в кристаллическом состоянии. Сходство относится, прежде всего, к расстоянию между ближайшими соседями и их числу.

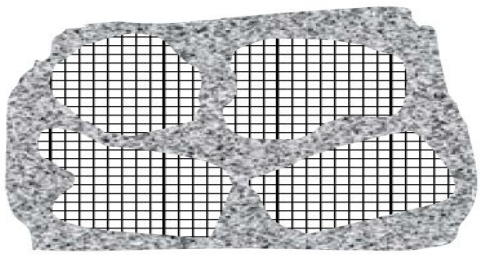
Согласно [3] расплавы, подобно поликристаллическим телам, состоят из кластеров с упорядоченным расположе-

нием атомов и разупорядоченной зоны, содержащей кластеры с упорядоченным расположением атомов и разупорядоченную зону между ними (рис.1).

Рис.1.Фрагмент модельной жидкости, содержащей кластеры с упорядоченным расположением атомов и разупорядоченную зону между ними.

Последняя заполняет промежутки между кластерами и характеризуется хаотическим и, как правило, более рыхлым расположением частиц. Предполагается, что продолжительность жизни кластера достаточно велика по сравнению с продолжительностью элементарных актов вязкого течения, диффузии, теплопроводности и других процессов, определяющих динамические характеристики расплавов.

В работах [4] приводится новое, отличное от литературных, определение кластера, как субмикрообласти жидкости, в пределах которой тепловые колебания атомов согласованы. Такое определение автоматически должно давать для кластера более упорядоченное расположение атомов, чем в разупорядоченной зоне, в которой тепловые колебания менее согласованы, менее упорядочены.



Образование наночастиц происходит путем соединения одного или нескольких кластеров, далее рост кристалла протекает путем присоединения кластеров к поверхности растущего кристалла [4].

Цель работы:

Показать изменение свойств наноструктур в сравнении с массивными материалами, в зависимости от природы диэлектрической среды и наноструктурируемого материала.

Методы исследования:

Рентгенофазовый анализ (РФА), рентгеноструктурный анализ . Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрещения (ПЭМ ВР).

С целью синтеза наноструктур диспергирование металлов (La,Bi,Sb,Al) проводилось с использованием импульсной плазмы в различных жидкостях по схеме, разработанной сотрудниками лаборатории ИХ и ХТ НАН КР.

Далее из пара и расплава происходит формирование наночастиц диспергируемого материала.

Вероятно, формирование γ-La_2S_3 из импульсной плазмы с искаженной кубической решеткой типа фосфида тория также связано с неточной ориентировкой кластеров из атомов лантана, далее лигандстабилизированных атомами серы.

Пониженная плотность упаковки кристаллов ряда металлов – Bi, Sb- обусловлена существенной долей ковалентных связей наряду с металлическими в твердом состоянии.

Массивный висмут имеет кристаллическую решётку типа сурьмы и по структуре относится к ромбоэдрической или тригональной сингонии, очень близкой к кубической гранецентрированной (рис 2).

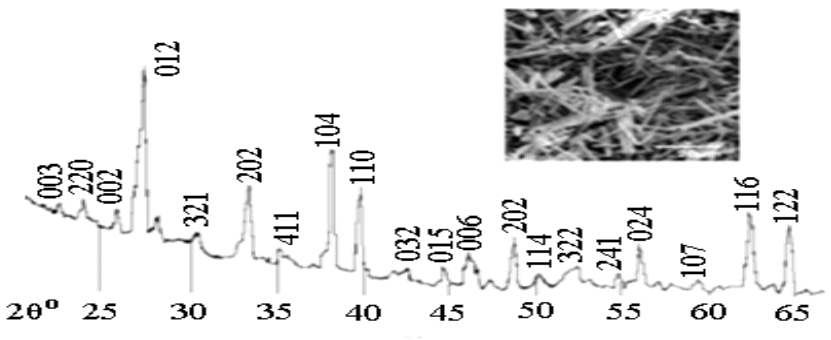


Рис.2. Дифрактограмма продукта диспергирования висмута в воде

Каждое из упорядочений порознь не реализуется, а является лишь фрагментом, или подструктурой. Наличие направленности позволяет говорить о микроанизотропии ближнего порядка данной группы металлических расплавов.

Вероятно, формирование нанотрубок висмута в импульсной плазме возможно объяснить именно слоистостью структуры этого металла. В импульсной плазме из-за микроанизотропии ближнего порядка в решетке висмута при диспергировании и превращении в расплав, в первую очередь, образуются металлические слои, которые благодаря активности краев сворачиваются в нанотрубки (рис.2) [5].

Выводы. В зависимости от природы диэлектрической среды и наноструктурируемого материала формируются: простые наноструктуры, ромбоэдрические нанотрубки Bi, кластерные низкоразмерные соединения.

Литература

1. О кластерной модели строения металлических расплавов./ В.И.Большаков, Г.М. Воробьев Л. С. Кривуша и др.//Вісник Придніпровськоі державноі академіі будівница та архітектури. – Дні-пропетровськ: ПДАБА, 2008. -№ 3.-С.8-12.;
2. Середа Б. П. Теорія будови рідкого, кристалічного та аморфного станучовини. Навчальний посібник 3 грифом МОНУ. - Запоріжжя: 2008. – 326 с.
3. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии.-М.: изд-во» Техносфеа».-2000.-334 с.
4. Воробьев Г.М., Кривуша Л.С..// Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.– Дніпропетровськ: ПДАБА, 2008.-№ 4-5.- С.8-12.
5. Сульфид лантана из импульсной плазмы в жидкости./ Майрыкова Н.К., Абдыкеримова А.С., Сулайманкулова С.К. // Вестник КНУ им.Баласагына. Серия 3.-2006.-В.1.-С.106 -112. 1.- С.88-91
6. Synthesis Metod of nanomaterials by Pylsed Plasme in Liguid. /A.S.Abdykerimova., S.K.Sylaimankylova., T.Mashimo и др. Jornal of Nanoscitnce and Nanotechnology. -2007. 7. - P. 3157-3159.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

БИРИНЧИ ДАРАЖАДАГЫ СЫЗЫКТУУ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕҢДЕМЕЛЕРИ ЧЫГАРУУ УЧУН ИНТЕРАКТИВДҮҮ БИР ЖОЛ
AN INTERACTIVE WAY TO SOLVE A FIRST-ORDER LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Muslu I.
University of International Ataturk-Alatoo,The Department of Applied Mathematics&Computers

Maplets are Java applets written with Maple that keep all the algebraic computational power of Maple. A Maplet consists of one or more windows which interact with the user by means of buttons,checkboxes, text fields, and other standard graphical controls. Most of the Maplets available with Maple either display something or compute something avoiding the standard Maple syntax. Our Maplet for First-Order Linear Differential Equations (FOLDE) is more pedagogical that they ask a student to do something, provide some hints and guidance along the way, and inform the student if their responses are correct or incorrect. The Maplets try to improve the students' intuitive and computational abilities while covering graphical, numerical, and analytical aspects.In this paper we represent a Maplet of FOLDE(First-Order Linear Differential Equations)

Бул макалада Маплет программасын биринчи даражадагы сызыктуу дифференциалдык тендемелерди чыгаруу жана алардын чыгарылыштарын изилдөөдө колдонуу методикасы берилген. Маплет программасы колдонуучу менен өз ара байланышта жүрөт. Колдонуучуга каралган маселесине карата керектүү маалыматтарды киргизүү үчүн суроо берет, колдонулган метод жөнүндө маалымат берет, маселенин туура же туура эмес чыгарылышы жөнүндө билтирет. Маплеттер маселенин чыгарылышын графикалык, сандык жана аналитикалык түрдө көрсөтөт. Бул окуучулардын түшүнүгүн жана эсептөөчүлүк жөндөмдөрүн жакшыртууда зор салымын көрсөтөт.

Introduction

Maplets enable users access to the parts of Maple relevant to theirneedswhile shielding them from any problems associated with Maple syntax.

What the student sees in using Maplets: Maplets and Java Swing Classes

Maplets use calls to the Java Swing Classes to handle Graphic User Interface (GUI) details. The screen image of the First-Order Linear Differential Equations example provided is typical enough. The elements from the Swing Classes used include dialog boxes (TextBox), and buttons. Items not illustrated there are pull-down menus,checkboxes, etc. (One can imagine pedagogic variations of the example in which these might be used. For example, in teaching, it is often appropriateto ask students to do tasks, and here it might be appropriate to ask them to select from a list of intervals provided via an appropriate element where the function is increasing, etc. Maplets and the Swing Classes cope with this easily.) Many other GUI elements are illustrated in the Maplet examples publicly available at themapleapps.com repository. Maplets are launched from Maple.Once Maple knows the definition of myMaplet (say), the Maple command for running it is: Maplets [Display](myMaplet): One could hide the Maple - both that defining myMaplet and also the callout to it - in a script or, on Windows, a.bat file. The

script would be one which started Maple,read in Maple code which in turn launched the Maplet. (For better methods that will come with Maple 13, see the section, "How Maplets work".)

The instructor: authoring Maplets

The writing of code for complex code is a fairly detailed business.The layout, etc. has to be specified. The Maplets package for Maple 13 enables the writing of the GUI code to be done from Maple. In writing a Maplet, the first command to Maple is with(Maplets[Elements]);

In my view, the easiest way to begin writing Maplets is to start with the examples, and modify them. I had no difficulty writing simple Maplets. The Maplets package makes intelligent decisions on layout, and for a fairly simple GUI, writing a Maplet is easy; it is also capable of writing more complex and sophisticated GUIs.

How Maplets work

The following is a brief, description of the Maplets architecture based on that provided by Jason Schattman of Waterloo Maple. The user (student user, or staff author) interacts with the Maplets package within Maple. The Maplets[Elements] part of the package generates an XML description of a Maplet. Using Maplets[Display], this description is sent to the Maplets runtime engine, which is written in Java. This runtime engine interprets the XML description of the Maplet, dynamically creates the necessary user interface (Java Swing) components and displays the Maplet. There is no standalone Java code associated to a specific Maplet. Maplets are XML descriptions that are taken as input by a generic runtime engine. We now quote verbatim from the Waterloo Maple source: "That said, in Maple 13, users will be able to save a Maplet to a standalone file, which can be shared with other users. Using "Save as ... Maplet" stores all the information necessary to reconstruct a Maplet (defined in a worksheet) to a file. Executing (double-clicking) this file on any machine that has a Maple 13 installation launches the Maplet."

Pedagogic purposes?

As a small incremental change?

One view of software is that it can come in two main sorts - "appliance software" as one sort, "environments" as another. "Appliance software" does just one task. Appliance software is easy to use. However, if different appliances come in too many different styles, it can be confusing. Maplets, by using Java Swing classes, should feel familiar to our students. (This is not to say that one cannot succeed in writing a confusing Maplet if one set out to do so.) "Computing environments" are, for us, big packages like Maple, Mathematica or Matlab or similar. Such software which can do lots of different tasks. The obvious problem with environments is that they can become bloa and hence difficult to maintain as reliable software. Maple has correctly avoided too much in-package word processing (as LaTeX does the job) and also too much in-package float numerics (as Matlab/Octave) does the job.

Maple correctly aims at extending its functionality by intelligent connection or inter-relation with other software. Adding to its functionality the production of (Java-Swing-based) Maplets seems a reasonable increment. In the near future, perhaps most 1st year students in maths departments where Maple is the dominant package in teaching will use Maplets (or similar) rather than Maple. There should then be a smooth transition at 2^{nd} year to students using pre-prepared Worksheets more than Maplets, with some Maplets around both for those who really don't want to program and to achieve continuity with the first year experience. At 3rd year it seems reasonable to expect all maths students to be able to program in Maple (or similar) to solve appropriate tasks of their own.

Pedagogic purposes for Maplets associated with larger-scale teaching software?

Many Calculus, etc. CDs have been written. Some even have Maple as an algebra engine underpinning them. I imagine that Maplets could provide an attractive way

of getting a consistent feel to pedagogic materials of this kind. Perhaps if the Mathwise project were to have started now rather than a decade earlier, Maplets would have been seriously considered to underpin it.In reference [3] Douglas Quinney describes "Calculus Machina". This builds on Java, and is underpinned by its own Computer Algebra system. Once again, a reasonable fraction of the work described there could be implemented effectively in Maplets if one were to choose to do so.

The future? Java, Computer Algebra and the Web

I know of at least three Java-Maple combinations, all Web-server related. The first is AIM. AIM is reviewed in [4]. AIM uses Java servlets. The next two use JSP pages and

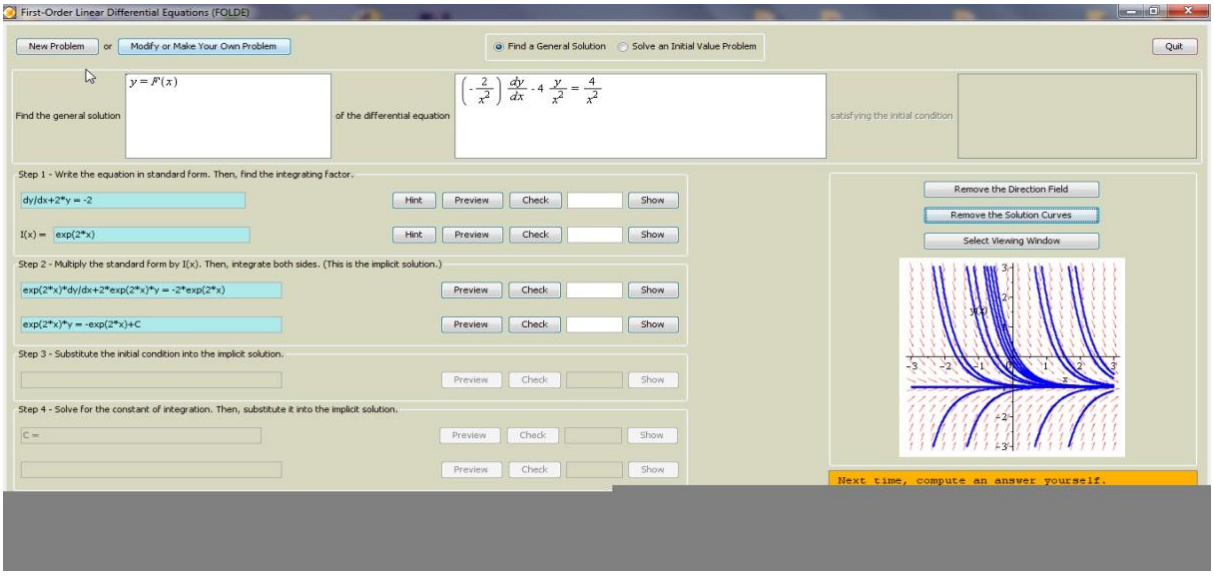


Fig.1. General view of the FOLDE Maplet, Solution steps, Direction field and Solution Curves

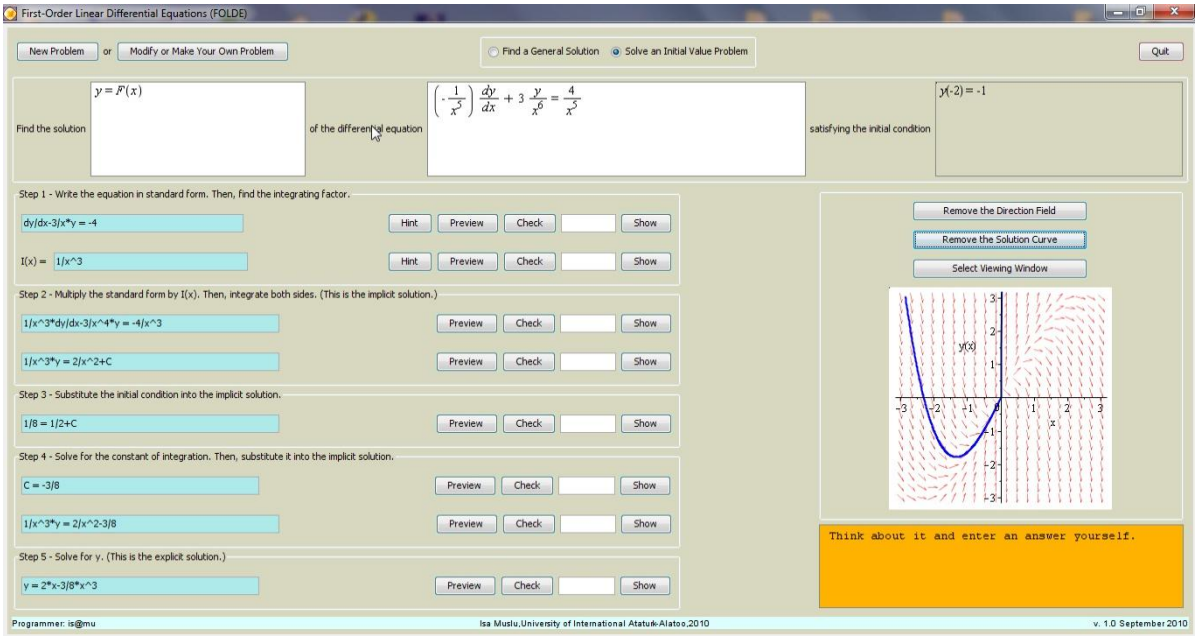


Fig.2. Modify or make your own Problem

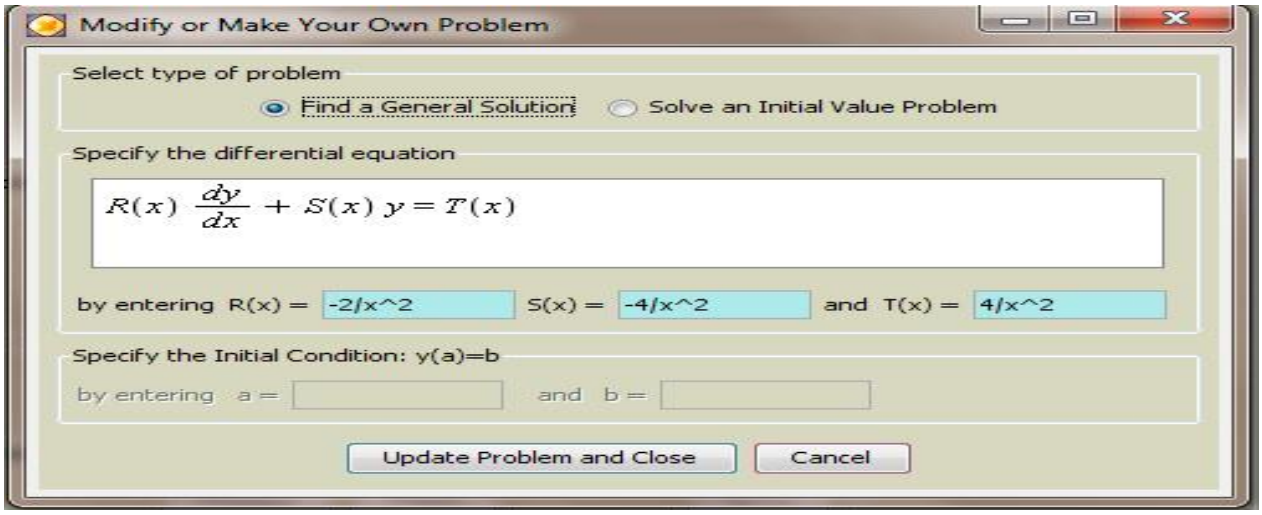


Fig.3.Solution steps of initial-value problem, Graphics of directed field and Solution Curves

Conclusion

In the presented paper an interactive way, FOLDE Maplet, of a first-order differential equations is given. This way is very pedagogic because here students or users could control if their solution steps are correct or not. They can check the steps if correct or not. If not the can see the hint about the step even if they still can't find then they can see the results. After solving the problem it is possible to plot directed field and some solution curves of the problem.

References

1. G Keady and D Hill, Maths&Stats, Nov 1997
2. T Kolokolnikov, Maple Forum, Feb 2002: http://www.scg.uwaterloo.ca/~maple_gr/Digests/Digest00.02
3. D Quinney, http://ltsn.mathstore.ac.uk/articles/maths-caaeries/nov2001/index.htm
4. N Strickland, MSOR Connections, Feb 2002
5. Grant Keady,A review of Maplet,University of Vestern Australia
6. Maplets,A customizable Interface to Maple, Stephan Forrest,2005

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООБМЕНА ГРУНТА

Джаманбаев М.Дж., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С.
КГТУ им. И.Раззакова

Приводится методика определения температуры, коэффициентов температуропроводности и теплообмена численно-аналитическим способом, используя данные натурных наблюдений температуры.

The methods for determining the temperature coefficients of thermal conductivity and heat transfer numerical and analytical methods, using data from field observations of temperature.

В связи со строительством и эксплуатацией горнодобывающих предприятий в мерзлых грунтах, вопросы исследования температурного режима сооружений является актуальной и прикладной задачей. Одним из важных вопросов при исследовании температурного режима

является знание достоверных значений теплофизических свойств мерзлого и талого грунта в естественных условиях. Обшепризнанных методик определения теплофизических свойств грунта не существует, особенно для мерзлых грунтов, т.к. при бурении мерзлых грунтов для отбора проб, льды, содержащиеся в грунтах, оттаивают, и нарушается естественное состояние грунта. Кроме того, определение коэффициента теплообмена также относится к трудным задачам. Поэтому разработка методики определения теплофизических свойств грунта имеет важное значение.

Цель исследования Методом идентификации математической модели теплопереноса определить коэффициенты температуропроводностей мерзлых и талых грунтов, а также коэффициенты теплообмена, используя данные натурных наблюдений. В качестве примера рассматривается температурный режим основания хвостохранилища, т.е. под влиянием температуры воды пруда хвостохранилища нужна определить температуры грунта.

Метод исследования Используя линейно-независимые частные решения уравнения теплопроводности и идею метода конечных элементов, строится аналитическое решение уравнения теплопроводности, удовлетворяющее начально-краевым условиям [1]. С помощью построенного аналитического решения по аналогии с МКЭ [3], из начального условия задачи определяется коэффициент температуропроводности, как решение трансцендентного уравнения. Коэффициент теплообмена определяется из уравнения граничного условия третьего рода, используя заданное начальное условие температуры грунта. Остановимся подробнее на этом алгоритме. Математическая модель процесса переноса тепла в талых и в мерзлых грунтах в одномерной постановке описывается следующим образом [4,5]:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial T_T}{\partial t} &= a_T \frac{\partial^2 T_T}{\partial x^2},\ 0 \le x \le h \\ \frac{\partial T_M}{\partial t} &= a_M \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2},\ h \le x \le \infty \end{aligned}\right\}. \quad (1)$$

Начальные условия:

при $t = 0$; $x \in [0, h]$;

$T_M = f_1(x)$, $T_T = f_2(x)$. (2)

Граничные условия: при

$x=0$, $R(t) + P(t) + E(t) + \lambda_t \left[\frac{\partial T_T}{\partial x}\right]_{x=0} = 0$;

$T(t,o)=T^*$ (3) при $x=h$, $T_T = T_M = T_0$

Условие сопряжения на границе талого и мерзлого грунта:

$$\lambda_T \left[\frac{\partial T_T}{\partial x}\right]_{x=h} - \lambda_M \left[\frac{\partial T_M}{\partial x}\right]_{x=h} = q_0 w \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4)$$

где $T_т$ - температура талого слоя грунта; $T_м$ - температура мерзлого грунта; T_0 - температура таяния льда в грунте; a_T, a_M - коэффициенты температуропроводности грунта в талом и мерзлом состояниях; λ_T; λ_M - коэффициенты теплопроводности грунта в талом и мерзлом состояниях; h - глубина протаивания; *w* - количество льда в грунте; R(t); P(t); E(t) - соответственно радиационный, конвективный составляющие теплообмена и теплота на испарение; q_0 - теплота плавления льда.

Для построения аналитического решения данной задачи согласно идее МКЭ в качестве базисных функций выбирается линейно-независимые частные решения уравнении теплопереноса. Вид частного решения выбирается,в отличие от работы [2], не произвольно, а так, чтобы оно соответствовало физике процесса, т.е. по глубине температура грунта убывает, а по времени периодически изменяется;

$$T_1\ x,t,a\ = e^{-\frac{\overline{2\pi}}{a}x}\cos(\ \frac{\overline{2\pi}}{a}x\text{-}4at),$$

$$T_2\ x,t,a\ = e^{-\frac{\overline{2\pi}}{a}x}\sin(\ \frac{\overline{2\pi}}{a}x\text{-}4at)\quad (5)$$

Рассматриваемая область разбивается на конечные элементы согласно температурному режиму грунта, там, где изменение температуры происходит быстрее, разбивается на мелкие элементы, а где изменение температуры происходит медленнее, разбивается на крупные элементы. В каждом элементе аналитическое решение строится по аналогии с МКЭ следующим образом:

$T^k\ x,t,a\ = N_i^k\ x,t,a\ * T_i + N_j^k\ x,t,a\ * T_j,$ (6)

где

$$N_i^k\ x,ta\ = \frac{T_2\ x_j,t,a\ * T_1\ x,t,a\ - T_2\ x\ \ ,t,a\ * T_1\ x_j,t,a}{T_2\ x_j,t,a\ * T_1\ x_j,t,a\ - T_2\ x_i,t,a\ * T_1\ x_j,t,a},$$

$$N_j^k\ x,ta\ = \frac{T_2\ x\ \ ,t,a\ * T_1\ x_i,t,a\ - T_2\ x_i,t,a\ * T_1\ x\ \ ,t,a}{T_2\ x_j,t,a\ * T_1\ x_j,t,a\ - T_2\ x_i,t,a\ * T_1\ x_j,t,a}\quad (7)$$

аналоги функции формы МКЭ, k – номер элемента. Коэффициенты температуропроводности «a» каждого элемента находятся как решение трансцендентного уравнения (6), удовлетворяя начальное условие (2). Здесь $T_i^{(0)}$, $T_j^{(0)}$- начальное температурное поле, полученное из натурных наблюдений. Для нахождения поле температурного поля грунта в любое другое время здесь не решается система линейных алгебраических уравнений как в МКЭ, а находится из условия <<сшивания >>решений между конечными элементами области. В качестве условия <<сшивания>> в работе [2] использовалась непрерывность кондуктивного теплопереноса. В данной статье в качестве условия сшивания рассмотрено условие теплообмена между элементами области, т.е. конвективный теплоперенос. Трудность такого подхода заключалась в неизвестности коэффициента теплообмена между водой и основанием пруда, а также аналогов коэффициента теплообмена между грунтами, т.е. между элементами области. Теплообмен между элементами зависит от мощности теплового потока, идущего со стороны основания пруда и холодного потока, идущие со стороны вечной мерзлоты. Поэтому коэффициенты теплообмена на стыках элементов будут разными. Используя начальное условие для температуры из уравнения граничного условия третьего рода, т.е. из условии теплообмена, находятся коэффициенты теплообмена.

После определения коэффициентов температуропроводностей и теплообмена, температурное поле грунта для последующих времен находится из условия разности температурных потоков между элементами области. Временной шаг берется не очень большим, а выбирается из физики процесса так, чтобы изменение температуры грунта было незначительным. Затем вычисляются значения температуры грунта в другом временном шаге, используя их как начальное условие, и процесс определения коэффициентов температуропроводностей, теплообмена и температуры грунта повторяется заново по изложенному алгоритму. На стыках границ или элементов области ставятся два условия теплообмена: для теплового потока, идущего со стороны пруда и со стороны грунта :

$$\frac{\partial T_в}{\partial x} = \gamma_1^-\ \ T_в - T_1\ ,\ x = 0. \qquad 8$$

$$\frac{\partial T_г}{\partial x} = \gamma_1^+\ \ T\ \ - T_в\ ,\ x = 0. \qquad (9).$$

Здесь условие (8) означает поток тепла, идущего со стороны пруда, а условие (9)- поток тепла со стороны грунта основания хвостохранилища, $T_в$ - температура воды пруда; T_1 – температура грунта основания пруда;

$T_г = T^k\ x,t,a\ = N_i^k\ x,t,a\ * T_i + N_j^k\ x,t,a\ * T_j,$

- температура грунта в k- ом элементе, с помощью которой находятся коэффициенты температуропродностей для каждого элемента; γ_1^-, γ_1^+ - коэффициенты теплообмена между водой и грунтом, грунтом и водой. Коэффициенты теплообмена находятся, используя начальные условия температуры и вычисленные коэффициенты температуропроводностей при $t_0 = 0$.

$$\gamma_1^- = \frac{\partial T_в \ \partial x}{T_в^{(0)} - T_1^0}, \quad \gamma_1^+ = \frac{\partial T_г \ \partial x}{T_1^{(0)} - T_в^{(0)}} \qquad (10)$$

Используя найденные значения коэффициентов теплообмена, находятся значения температуры в последующие моменты времени для первого элемента «1»

$$T_1 = \frac{(T_в\gamma_1^- - \partial T_в \ \partial x)}{\gamma_1^-},$$

$$T_2 = \frac{(-\frac{\gamma_1^+}{\gamma_1^-} * \frac{\partial T_в}{\partial x} - \frac{\partial N_i}{\partial x} * T_1)}{\partial N_j \ \partial x} \qquad (11)$$

Температура грунта для последующих элементов находится из условия <<сшивания>>, т.е. из уравнения, характеризирующего разность температурных потоков на стыках элементов. На стыке элементов «1» и «2» имеем уравнение

$$\frac{\partial T_г^{(1)}}{\partial x} - \frac{\partial T_г^{(2)}}{\partial x} = \gamma_2^- \ T_2 - T_3 \ - \gamma_2^+ (T_2 - T_1)$$

или $T_3 = \frac{\gamma_2^- T_2 - \gamma_2^+ \ T_2 - T_1 \ - \frac{\partial T_г^{(1)}}{\partial x} + \frac{\partial N_i^{(2)}}{\partial x} * T_2}{\gamma_2^- - \partial N_j^{(2)} \ \partial x}$. (12)

Коэффициенты теплообмена γ_2^-, γ_2^+ находятся из условия теплообмена, используя начальное условие для температуры:

$$\gamma_2^- = \frac{\partial T_г^{(1)} \ \partial x}{T_2^{(0)} - T_3^0}, \quad \gamma_2^+ = \frac{\partial T_г^{(2)} \ \partial x}{T_2^{(0)} - T_1^{(0)}} \qquad (13)$$

Повторяя этот алгоритм, находим последующие значения температуры грунта.

В отличие от обычных численных методов, здесь не проводится решение системы алгебраических уравнений, т.е. нет операций приближенного вычисления производных и интегралов, а они вычисляются аналитически. При этом мы избавляемся от вычислительных погрешностей. Достоверность предложенного алгоритма проверялась на практическом примере, где использовались данные наблюдения температуры грунта с помощью термисторов из наблюдательной скважины глубиной 20м. Эта глубина разбита неравномерно на 10 элементов. В табл.1 приведены значения коэффициентов температуро-проводностей по глубинам, найденные как решения трансцендентного уравнения (6) с точностью $\varepsilon = 0.002$. Как видно из табл.1, значения коэффициентов температуропроводностей до глубины 7.53м. постоянны и равны 0.2765, а от 7.53м. до 20м. также постоянны и равны 4.402. В табл.2 приведены значения коэффициентов теплообмена на стыках элементов, вычисленные по формуле (12).

Таблица 1.

Значения коэффициентов температуропроводностей

x	4.53-5.53	5.53-6.53	6.53-7.53	7.53-8.53	8.53-9.53	9.53-11.53	11.53-14.53	14.53-19.53
a	0,2765501	0,27655	0,27655	4,40155	4,40155	4,40155	4,40155	4,40155

Таблица 2.

Значения коэффииентов теплообмена на стыках элементов

x	4,53	5,53	6,53	7,53	8,53	9,53	11,53	14,53	19,53
M[k]	-0,5380083	-17,85291	9,311128	-100,3299	-54,04002	5,554611	17,77161	5,358785	-10,43885
M1[k]	-0,0721688	19,10033	-526,9399	25,18457	3,698798	-25,88969	-3,78001	-10,96662	1,12968

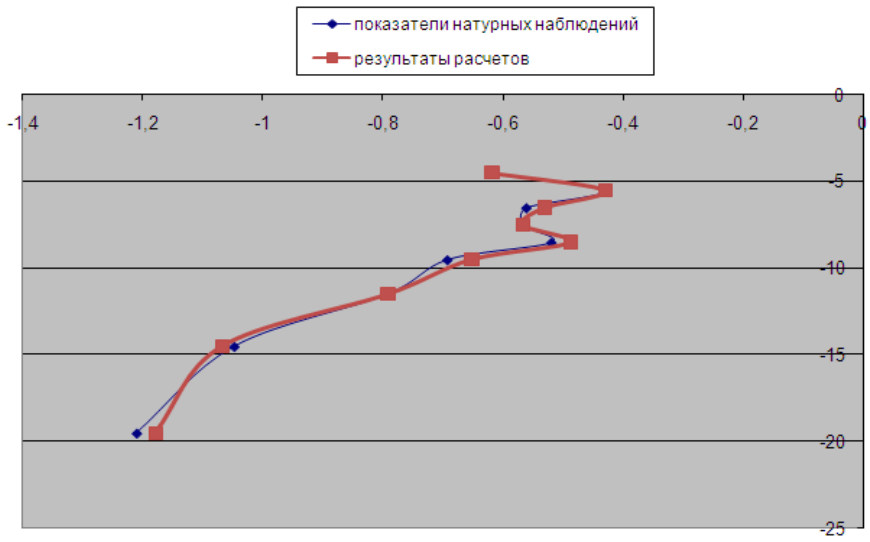


Рис.1 Графики значения температуры, вычисленные теоретическим способом и данные из натурных наблюдений

Вторая строка M[k] соответствует коэффициентам теплообмена, характеризующим поток тепла, со стороны дна пруда, а третья строка M1[k] соответствует коэффициентам теплообмена, характеризующим поток тепла со стороны вечной мерзлоты. Используя найденные теплофизические параметры, определены значения температуры грунта в разные времена и на разных глубинах по формуле (11) и (12). На рис.1 показаны графики значений температуры, вычисленных теоретическим способом, и данные из натурных наблюдений. Как видно из графика, они почти совпадают. Это подтверждает правильность подхода и алгоритма определения температуры грунта, коэффициентов температуропроводностей и теплообмена.

Литература

1. Джаманбаев М.Дж. Методы решения и идентификации параметров математической модели процессов переноса. Бишкек: Илим, 1996. – стр. 121.
2. Джаманбаев М.Дж., Кадыркулова С. Методика расчета теплопереноса в горных породах. Известия Кыргызского технического университета им. И. Раззакова, № 7-Бишкек. 2005. - с.129 -133.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. Пер.с анг. –М.: Мир, 1979.- стр. 392
4. Томирдиаро С.В. Тепловые расчеты оснований в районах вечной мерзлоты. Магагадан. 1963. – стр.104.
5. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная). М.ВШ., 1973. -446 стр.

УДК 535.41:778.38

ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕННОСТИ АПЕРТУРЫ РЕШЕТКИ НА ЭФФЕКТ ТАЛЬБОТА

Марипов А., Исманов Ю. Х.
КГТУ им. И. Раззакова

Эффект Тальбота изучен достаточно хорошо. Однако большинство публикаций рассматривают теоретический аспект данного эффекта для объектов неограниченных размеров. В данной статье рассматривается влияние ограниченности одномерной линейной решетки на формирование ее саморепродукций.

Talbot effect studied well enough. However, most publications consider the theoretical aspect of this effect for objects of unlimited size. In this article the impact of limitation of the one-dimensional linear grating on the formation of its self-reproductions is considered.

Эффект Тальбота[1], известный уже в течение почти двух веков, достаточно хорошо изучен и имеет множество вариантов его аналитического описания. Однако почти во всех случаях, когда мы имеем дело с рассмотрением этого эффекта, рассматриваются решетки неограниченного размера. Такой подход находится в явном противоречии с реальными экспериментами, в которых используются решетки с ограниченной апертурой. Целью данного сообщения является попытка учета этого фактора при рассмотрении эффекта Тальбота.

Рассмотрим одномерную линейную решетку, расположенную в плоскости (x_0, y_0) таким образом, что линии решетки параллельны оси OX.

Функция пропускания решетки может быть представлена как Фурье – разложение вида

$$t(x) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_m \exp(2\pi jmx/d), \qquad (1$$

где d – период решетки.

Освещаем решетку плоской, монохроматической волной, распространяющейся вдоль оси Z и имеющей единичную амплитуду $u(x_0, y_0, z_0^-) = \exp(jkz_0)$. Считая $z_0 = 0$, т.е. решетка помещена в начале координат, получаем $u(x_0, y_0, z_0^-) = 1$. Поле сразу за решеткой равно просто произведению функции, описывающей падающую волну, на коэффициент пропускания решетки, что допустимо в силу непрерывности волны:

$$u(x_0, y_0, z_0^+) = u(x_0, y_0, z_0^-)\, t(x_0) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_m \exp(2\pi jmx_0/d), \qquad (2)$$

Поле на расстоянии z от решетки будем искать в параболическом приближении. С учетом этого приближения поле на расстоянии z от плоскости решетки можно представить в виде

$$u_z(x, y, z) = \frac{\exp(jkz)}{jkz} \iint_{\infty} u(x_0, y_0, z_0^+) \exp\{\frac{j\pi}{\lambda z}[(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2]\} dx_0 dy_0 \qquad (3)$$

Интеграл (3) можно рассчитать аналитически. С этой целью представим экспоненту под интегралом в виде произведения двух экспонент, причем сомножитель, не зависящий от переменных интегрирования, вынесем за знак интеграла. Теперь, принимая во внимание соотношение (2), получаем

$$u_z(x, y, z) = \frac{\exp(jkz)}{jkz} \exp[\frac{jk}{2z}(x^2 + y^2)] \iint_{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_m \exp(2\pi jmx_0/d) \times$$

$$\times \exp[\frac{jk}{2z}(x_0^2 + y_0^2)] \exp[\frac{jk}{2z}(2x_0 x + 2y_0 y)] dx_0 dy_0 \qquad (4)$$

$$u_z(x, y, z) = \frac{\exp(jkz)}{jkz} \exp[\frac{jk}{2z}(x^2 + y^2)] \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_m \int_{\infty} \exp(2\pi jmx_0/d) \times$$

$$\times \exp\frac{jkx_0^2}{2z} \exp(\frac{jk}{2z} 2x_0 x)[\int_{\infty} \exp(\frac{jky_0^2}{2z}) \exp(\frac{jk}{2z} 2yy_0) dy_0] dx_0 \qquad (5)$$

Рассмотрим в (5) внутренний интеграл по переменной y_0. Для удобства расчета этого интеграла сделаем замены следующего вида: $\alpha = \pi/(\lambda z)$, $\xi = =y/(\lambda z)$, $\omega = 2\pi\xi$. Обозначим указанный интеграл буквой А.

$$A = \int_{\infty} \exp(\frac{jky_0^2}{2z}) \exp(\frac{jk}{2z} 2yy_0) dy_0 = \int_{\infty} \exp(j\alpha y_0^2) \exp(j2\pi\xi y_0) dy_0 . \qquad (6)$$

Интеграл (6) представляет собой одномерное преобразование Фурье от функции $\exp(j\alpha y_0^2)$.

Воспользовавшись свойствами преобразования Фурье, найдем значение интеграла (6):

$$A = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} \exp(j\pi/4) \exp[-j\omega^2/(4\alpha)] \qquad (7)$$

Возвращаясь к исходным переменным, получаем

$$A = \sqrt{\lambda z} \exp(j\pi/4) \exp\{j \frac{4\pi^2 y^2}{\lambda^2 z^2} / [4\pi/(\lambda z)]\} = \sqrt{\lambda z} \exp(j\pi/4) \exp(-j \frac{\pi}{\lambda z} y^2) \qquad (8)$$

Обозначим интеграл по переменной x_0 буквой В. Согласно (5)

$$B = \int_{\infty} \exp(j2\pi m x_0/d) \exp(\frac{jkx_0^2}{2z} \exp(\frac{jk}{2z} 2x_0 x) dx_0 \qquad (9)$$

Окончательное выражение для поля на расстоянии z от плоскости решетки

$$u_z(x, y, z) = \frac{\lambda^2 \exp(jkz)}{j2\pi} \exp(j\pi/2) \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_m \exp[j2\pi \times \frac{mx}{d} - \frac{m^2 \lambda z}{2d^2})] \qquad (10)$$

Обобщим интеграл (10) на случай решетки с ограниченной апертурой.

1 Зададим апертуру решетки в виде при

$$|x_0| \le a, |y_0| \le aC(x_0, y_0) = 0 \quad \text{при} |x_0| > a, |y_0| > a , \quad (11)$$

где 2а - апертура решетки, (x_0, y_0) – координаты пло скости решетки. Учет апертуры изменяет пределы интегрирования в (4) и, следовательно, пределы интегрирования в (6) и (9). Интеграл (6) принимает вид

$$A = \int_{-a}^{a} \exp(j\alpha y_0^2) \exp(j2\pi\xi y_0) dy_0 \qquad (12)$$

Разложим этот интеграл на два слагаемых

$$A = \int_{0}^{a} \exp(j\alpha y_0^2) \exp(j2\pi\xi y_0) dy_0 - \int_{0}^{-a} \exp(j\alpha y_0^2) \exp(j2\pi\xi y_0) dy_0 \qquad (13)$$

Первое слагаемое в интеграле (13) равно

$$\int_{0}^{a} \exp(j\alpha y_0^2) \exp(j2\pi\xi y_0) dy_0 = \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} \exp[-j\omega^2/(4\alpha)] [F(a\sqrt{\alpha} - \frac{\omega}{2\sqrt{\alpha}}) + F(\frac{\omega}{2\sqrt{\alpha}})],$$

где $F(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x \exp(jy^2) dy^2$ - интеграл Френеля, $\omega = 2\pi\xi$.

Отсюда выражение (13) преобразуется к виду

$$A = \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}\exp[-j\omega^2/(4\alpha)][F(a\sqrt{\alpha} - \frac{\omega}{2\sqrt{\alpha}}) - F(-\sqrt{\alpha a} - \frac{\omega}{2\sqrt{\alpha}})] \qquad (14)$$

Или, переходя к исходным переменным

$$A = \sqrt{\frac{\lambda z}{2}}\exp(-j\frac{\pi}{\lambda z}y^2)\{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a-y)] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a-y)]\} \qquad (15)$$

По аналогии для функции от x, с учетом сдвига на 2πm/d, получаем

$$B = \sqrt{\frac{\lambda z}{2}}\exp(-j\frac{\pi}{\lambda z}x^2)\{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a-x+\frac{m\lambda z}{d})] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a-x+\frac{m\lambda z}{d})]\}. \qquad (16)$$

Окончательное выражение для поля на расстоянии z от плоскости решетки с ограниченной апертурой имеет вид

$$u_z(x, y, z) = 1/2\lambda z \exp(jkz)\sum_{m=-L}^{L} a_m \exp[j2\pi(\frac{mx}{d} - \frac{m^2\lambda z}{2d^2})]\times\{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a-y)] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a-y)]\}\times$$

$$\sqrt{\frac{\lambda z}{2}}\exp(-j\frac{\pi}{\lambda z}x^2)\{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a-x+\frac{m\lambda z}{d})] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a-x+\frac{m\lambda z}{d})]\}. \qquad (17)$$

$F(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^x \exp(jy^2)dy$ - описывает спираль Корню, которая подчиняется условию $\lim F(x) = ½(1+i)$ при $x \to \infty$. Т. е. при x >> 1 распределение поля за решеткой с ограниченной апертурой близко к распределению за бесконечной решеткой. В частности, при $z = \frac{2d^2}{\lambda}M$, где M = 0,1,2,3,…, распределение повторяет поле на решетке, т. е. воспроизводится с точностью до быстро меняющихся множителей в первых M-гармониках.

Из (17) следует, что влияние конечной апертуры решетки на распределение поля мало, если $(a - \frac{L\lambda z}{d}) - |x| >> \sqrt{\frac{\lambda z}{\pi}}$. В плоскостях воспроизведения это условие имеет вид – $2LMd - |x| >> d\sqrt{2M/\pi}$. (18) Из (18) видно, что ухудшение распределения поля по краям происходит из – за дифракции на апертуре 2a в области размером порядка $\sqrt{\lambda z}$, а также, вследствие наклонного распространения пространственных гармоник, в области размером ~ Lλz/d. При этом на расстояниях $z \geq d^2/(M^2\lambda)$ преобладают искажения более высокого порядка.

Литература

1. Talbot H. F. Facts relating to optical science. Phil. Mag., 1836, ser. 3, v. 9, No. 56, p. 401-402.

УДК 662. 997. 534

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕПЛИЦ НА ВЕГЕТАЦИЮ И УРОЖАЙНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А. Исманжанова А.К.

Институт природных ресурсов НАН КР,
Ошский государственный социальный университет
E-mail: anvis2012@mail.ru

Исследовано влияние ослабления инсоляции в теплице с многослойным прозрачным покрытием на вегетацию и урожайность болгарского перца и клубники. Установлено, что рост растений в теплице с многослойным покрытием в зависимости от периода роста и вида растения отстает на 6 -13 дней от роста растений в теплицах с однослойным стеклянным покрытием. Соответственно флуоресценция листьев растений уменьшается на 13-14%, количество сахарозы в плодах и ягодах – на 12-14%, а масса плодов и ягод – на 5-7%.

Greenhouse –теплица. Insolation –инсоляция.

В работе /1/ описано предложенное нами многослойное прозрачное покрытие для теплиц (МПП), состоящее из нескольких слоев – наружной стеклянной и нескольких пленочных, расположенных под стеклянным слоем. Пленочные покрытия трансформируемы, так что в зависимости от температуры наружного воздуха количество рабочих слоев может быть изменено от минимума (только наружное стеклянное покрытие) до максимума (стеклянное покрытие и несколько слоев внутренних пленочных слоев).

В работах /2,3/ исследованы оптико-энергетические свойства МПП.

Данное МПП обладает в целом хорошими теплоизоляционными свойствами /2/. В то же время, они в целом в зависимости от количества прозрачных покрытий (ПП) имеют несколько меньшую прозрачность в области солнечного спектра /3/.

В данной работе приведены результаты качественной и количественной оценки влияния МПП на рост и урожайность двух видов растений: перца болгарского (сладкого) и клубники.

Эксперименты проводились в теплице размерами 8х3х2 метра, имеющей однослойное стеклянное ПП. Во время экспериментов половина объема теплицы закрывалось двухслойным полиэтиленовым покрытием (толщина каждого слоя – 0,1 мм) с расстоянием между слоями около 40 мм.

По краям закрытая полиэтиленом часть теплицы имела специальные шлюзовые проемы, обеспечивающие переход воздуха из одной части теплицы в другую и тем самым обеспечить примерно одинаковый (с разницей за некоторое короткое время в 2-3^{o}C) температурный режим в обеих половинах теплицы.

Теплица обогревалась с помощью водяных регистров, максимальная потребляемая электрическая мощность которых составляла 2,5 кВт.

Испытывались по 10 саженцев болгарского перца и по 12 саженцев клубники в каждой части теплицы.

Все растения выращивались в пластиковых горшках, выпускаемых промышленностью. Режимы орошения и внесения удобрений в обоих случаях были одинаковыми.

На рис. 1 приведены плотности прошедшей через ПП интегральной солнечной радиации для одного из ясных дней. Как видно из рисунка, при трехслойном (стекло-полиэтилен-полиэтилен) покрытии инсоляция внутри теплицы ослабляется от 25-27% в утренние и вечерние часы до 15-20% в полдень.

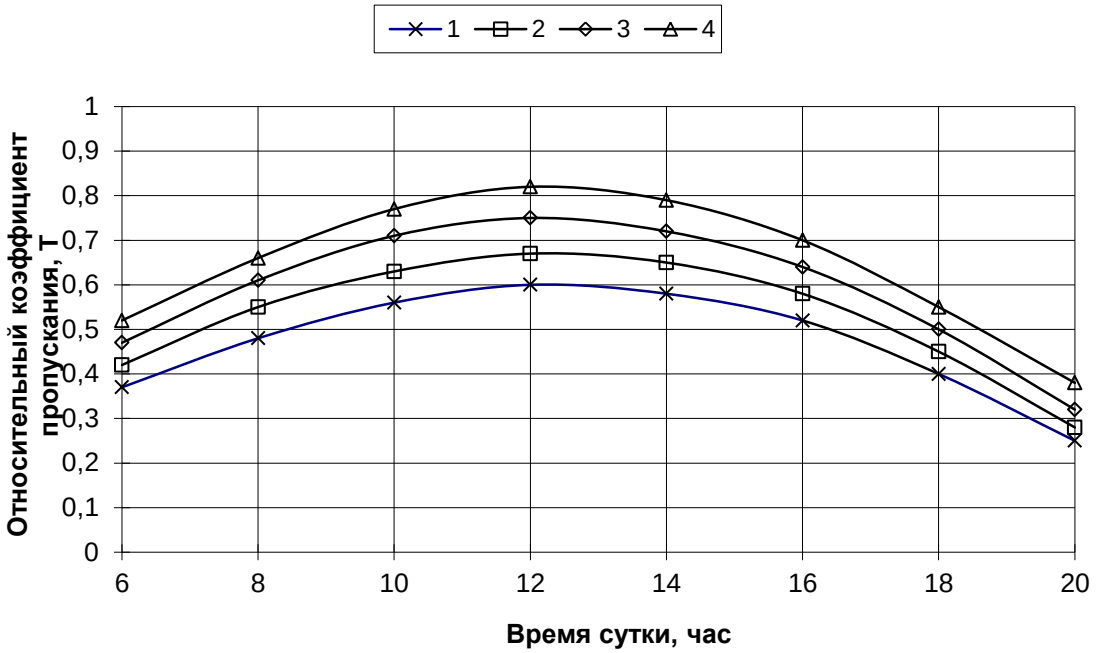


Рис.1. Светопропускание многослойного прозрачного покрытия

1- стеклянное покрытие, 2- стекло и 1 слой полиэтиленовой пленки, 3- стекло и два слоя полиэтиленовой пленки, 4 – стекло и 3 слоя полиэтиленовой пленки.

Во время экспериментов велись визуальные наблюдения а также еженедельно измерялся рост, флуоресценция хлорофилла листьев растений а также количество цветов, плодов, их масса а также содержание сахарозы в плодах.

Флуоресценция измерялась с помощью ручного флуорометра марки FluorPenFP-100 (Z990), SN-FP-039 в интервале длин волн 697-750 нм. Единица измерений – мкм моль/с м^2. Прибор фотон системы, т.е. измеряет количество фотонов испускаемых за 1 сек, отнесенную на площадь в 1м^2 листьев растений. Прибор имеет внутренний источник излучения (с максимумом плотности излучения при 550 нм), который спровоцирует флуоресценцию хлорофилла листьев растений. Во время измерений измерительная головка прибора накладывается ни лист растения. Измерительное окно прибора имеет диаметр 10 мм.

Как известно, по флуоресценции хлорофилла можно судить о состоянии растения, о его реакции и устойчивости к различным факторам /4,5/, например, депрессирующим, каковым является недостаточная освещенность солнечной радиацией. Все факторы, влияющие на растения прямо или косвенно отражаются на работе молекулярных систем фотосинтеза /6,7/.

На рис.2-5 показаны динамика роста, количество цветов и плодов (ягод) растений во время экспериментов.

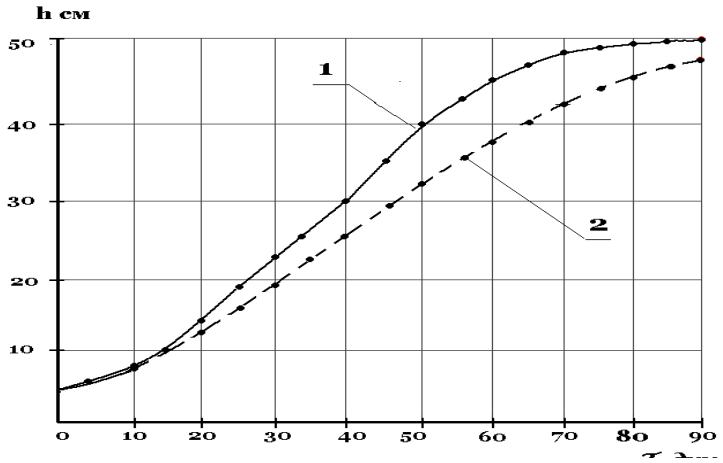


Рис.2. Динамика роста болгарского перца в теплицах. 1- в теплице со стеклянным покрытием, 2- в теплице с многослойным покрытием

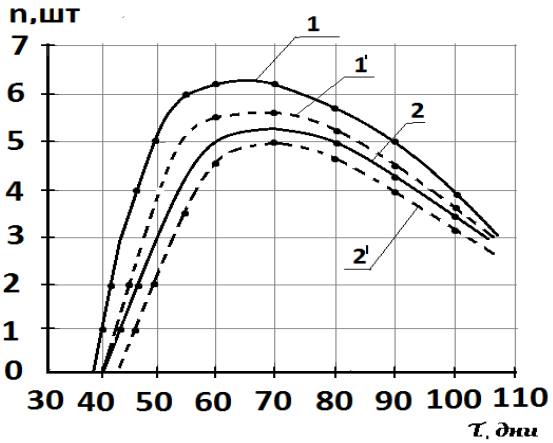


Рис.3. Динамика количества цветов и плодов болгарского перца в теплицах. 1 и1′ – в теплице со стеклянным покрытием, 2 и 2′ – в теплице с многослойным покрытием. 1 и 2 – количество цветов, 1′ и 2′ – количество плодов

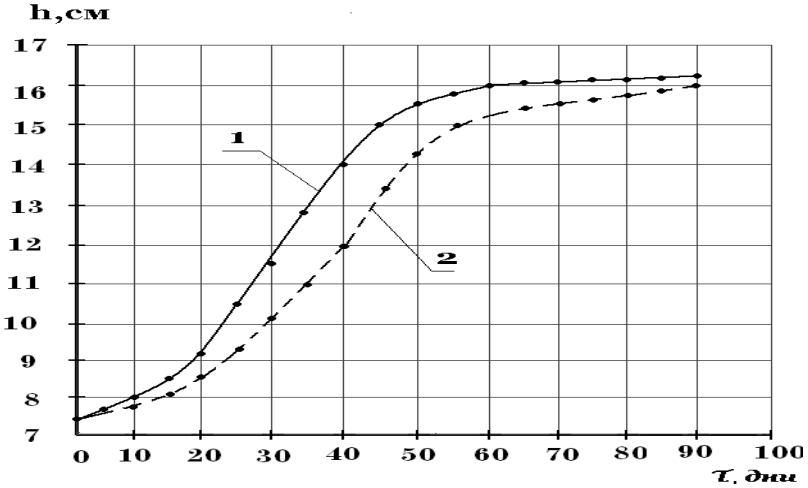


Рис.3. Динамика роста клубники в теплицах. 1- в теплице со стеклянным покрытием, 2- в теплице с многослойным покрытием

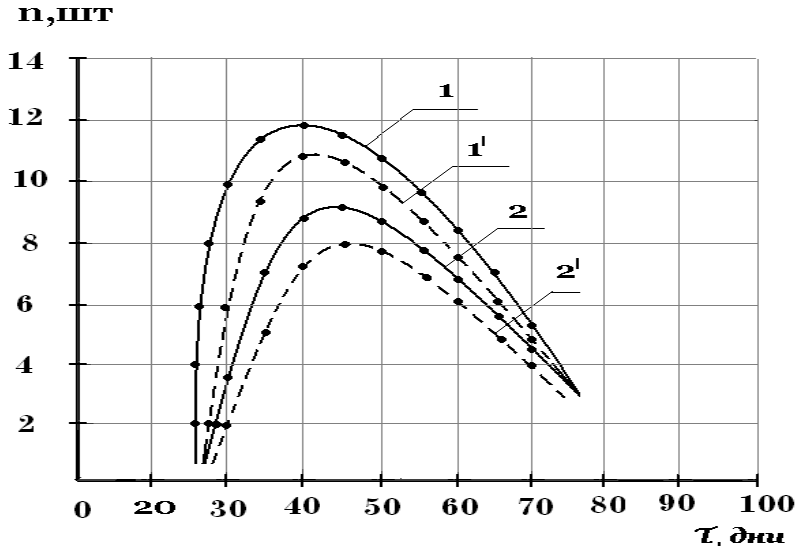


Рис.3. Динамика количества цветов и плодов клубники в теплицах. 1 и1' – в теплице со стеклянным покрытием, 2 и 2' – в теплице с многослойным покрытием. 1 и 2 – количество цветов, 1' и 2' – количество плодов

Как видно из рис.2, отставание в росте у болгарского перца, выращенного в теплице с МПП по сравнению с ростом в теплице со стеклянным покрытием составляет 5-6 дней в первый месяц роста и 13-15 дней в конце второго месяца.

У клубники такое отставание в росте составляет 7-8 дней в первом месяце и 10-11 дней во втором месяце роста.

У растений, выращенных в теплице с МПП количество цветов и плодов также меньше у аналогичных растений, выращенных в теплице со стеклянным покрытием (рис.3,5). Так, у болгарского перца, выращенного в теплице со стеклянным покрытием максимальное среднее количество цветов на одном кусте составляет 6,3, а на кусте, выращенном в теплице с МПП – 5,3, что на 15,8% меньше. Соответственно количество плодов составляет 5,7 и 5,0, что на 12,2% меньше.

У клубник, выращенных в теплице со стеклянным покрытием и с МПП максимальное количество цветов составляет соответственно 11,8, и 9,3, т.е. во втором случае они на 12,7 % меньше. Соответственно количество плодов составляют 10,4 и 8,1, т.е. во втором случае они на 22,1% меньше.

Флуоресценция листьев растений Q приведена в табл. 1. С целью получения сопоставимых результатов, измерялись флуоресценции зрелых листьев растений на верхнем уровне стеблей, расположенных приблизительно одинаково на растениях в обоих типах теплиц.

Таблица 1.

Флуоресценция листьев растений (квантовый выход)

Вид растения	Флуоресценция растений, мкм моль/с м^2		(Qс - Qмпп)/Qс %
	В теплице со стеклянным покрытием (Qс)	В теплице с многослойным покрытием (Qмпп)	
Перец болгарский	0,56	0,48	14,3
Клубника	0,53	0,46	13,2

Как видно из таблицы, флуоресценция листьев болгарского перца, т.е. фотосинтетическая активность хлорофилла в теплице с МПП уменьшается до 14,3% по сравнению с флуоресценцией в теплице со стеклянным покрытием. Такое уменьшение для клубники составляет до 13,2 %.

Содержание сахарозы в плодах и ягодах исследованных культур измерялся сахариметром – рефрактометром. Как известно, единицей измерения содержания сахарозы служит градус Брикс (Brix, ^{o}Bx) – мера массового отношения растворенной в воде (в нашем случае в жидкости, содержащейся в плодах и ягодах).

Содержание сахарозы в плодах и ягодах исследованных культур приведены в табл.2.

Таблица 2.

Содержание сахарозы в плодах и ягодах растений

Вид растения	Содержание сахара, ^{o}Bx		(^{o}Bxc–^{o}Bxмпп)/ ^{o}Bxc, %
	В теплице со стеклянным покрытием (^{o}Bxc)	В теплице с многослойным покрытием (^{o}Bxмпп)	
Перец болгарский	4,66	3,97	14,8
Клубника	9,52	8,34	12,4

Как видно из таблицы, содержание сахарозы в плодах болгарского перца, выращенного в теплице с МПП на 14,8% меньше, чем в плодах, полученных в теплице со стеклянным покрытием. У клубники такое уменьшение составляет 12,4%. Вес плодов болгарского перца и ягод клубники, выращенных в теплицах с разными прозрачными покрытиями также различаются (табл.3).

Таблица 3.

Средние массы плодов и ягод растений

Вид растения	Средняя масса плодов и ягод, грамм		(Мс–Ммпп)/ Мс, %
	В теплице со стеклянным покрытием (Мс)	В теплице с многослойным покрытием (Ммпп)	
Перец болгарский	71,6	68,3	4,6
Клубника	9,72	9,18	5,5

Так, средний вес плодов болгарского перца, выращенного в теплице со стеклянным покрытием составляет 62,6 граммов, а средний вес плодов, полученных в теплице с МПП составляет 58,3 грамма, что на 6,8 % меньше.

Средний вес ягод клубники, выращенных в теплице со стеклянным покрытием и с МПП составляют соответственно 9,72 и 9,18 грамма, т.е во втором случае средний вес ягод на 5,5 % меньше.

Следовательно, как и ожидалось, меньшее поступление солнечной радиации в теплицах с МПП по сравнению с теплицами со стеклянным покрытием уменьшает фотосинтетическую активность хлорофилла растений, что обуславливает некоторое отставание растений в росте, на уменьшении количества цветов, соответственно плодов и количества сахарозы в плодах и ягодах.

Следует отметить, что на практике в теплицах все слои МПП будут и использованы в самые холодные дни. В зависимости от температуры воздуха внутри теплицы у МПП отдельные внутренние пленочные слои будут убираться и остается только стеклянное покрытие. Это уменьшает время

отставания в росте растений в теплицах, где используются МПП.

Таким образом, исходя из результатов экспериментов можно сказать, что:

1. Отставание в росте растений в теплице с ММП по сравнению в теплице со стеклянным покрытием составляет 10-13 дней что является результатом меньшего количества солнечного излучения, получаемого растениями в первом случае.

2. Флуоресценциях хлорофилла листьев растений в теплице с МПП уменьшается на 13-14%, количество сахарозы в плодах и ягодах – на 12-14%, а средняя масса плодов и ягод – на 5-7% по сравнению с теми же показателями растений в теплице со стеклянным покрытием.

3. В многослойных теплицах необходимо принять меры по дополнительному освещению растений в фотосинтетически активной области спектра дополнительным источником излучения.

4. При периодическом использовании МПП во время холодных суток и при меньшем количестве рабочих слоев ПП следует ожидать меньшее отставание роста и урожайности растений.

5. Несмотря на некоторое отставание в росте и урожайности растений, использование ММП вполне себя оправдывает, так как обеспечивая необходимый температурный режим внутри теплицы позволяют в принципе выращивать растения в холодных и суровых условиях горных регионов Кыргызстана, тогда как осуществить это в теплицах с обычными ПП невозможно.

Литература

1. Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А. Гелиотеплица. Патен КР № 1468 МКИ A 01 G9/14, A 01 G 13/02, Бюлл. изобр. 2012, № 8.
2. Мурзакулов Н.А. Исследование светопропускания многослойных покрытий теплиц//Наука, образование, техника.-2011. -№1,2. – С.89-91.
3. Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А. Исследование прозрачности покрытий теплиц в фотосинтетически активной области солнечного спектра//Известия НАН КР, сер. -2012, №.4 –С. 59-61.
4. Рощина В.В., Мельникова Е.В., Карнаухов В.Н. Флуоресцирующий мир растительных клеток//Наука в России//2000, №6. –С.53-56.
5. Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н. Индукция флуоресценции хлорофилла и оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям//Журнал общей биологии.2007, т.68, №6. – С. 444-458.
6. Яковлева О.В., Талипова Е.В., Кухарских Г.П., Кренделева Т.Б., Рубин А.Б. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла в листьях травянистых растений, растущих в разных экологических условиях//Биофизика, 2005, т.50, №6. – С.1112-1119.
7. Замедленная флуоресценция растений. www.diophys.msu.ru/general_courses/laboratory//b new oor.pdf. 2013.

ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.02. (075.8)

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РАЗУПРОЧНЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КРЕПКИХ РУД И МИНЕРАЛОВ
THE METHOD OF OPTIMAL SOFTENING AND REDUCTION HARD ORES AND MINERALS

Тажибаев К.Т., Султаналиева Р.М., Акматалиева М.С., Тажибаев Д. К.
КГТУ им. И. Раззакова

Предложен метод оптимального разупрочнения и измельчения крепких руд и минералов, позволяющий обеспечить экономию энергии при измельчении, уменьшение расхода металла за счет уменьшения износа металлических частей мельниц, увеличение выхода полезного компонента (извлекаемого металла) за счет улучшения раскрываемости минеральных зерен путем применения оптимальной длительности воздействия на руду СВЧ волн.

Введение. В процессе рудоподготовки механическое измельчение руды до размера частиц порядка десятков микрометров, необходимое для дальнейшей флотации, является наиболее энергоемким и дорогостоящим процессом в технологической цепи извлечения полезных компонентов (металлов, полезных минералов). При этом КПД процесса механического измельчения составляет всего 1÷2 %, остальные 98 % энергии приложенной для разрушения (образования новой поверхности) руды, рассеивается в виде диссипативных потерь (энергия теплоты, звука, колебаний окружающей среды). Известно, что при мировом объеме переработки руд 41 млрд. т. в год (в РФ около 4 млрд.т.) на измельчение затрачивается порядка 2 млрд. долларов США (в РФ – 6 млрд. рублей). Отсюда ясно, почему в последнее время представляют большой практический интерес разработки новых способов разрушения или разупрочнения руд и минералов, новых энерго-и ресурсосберегающих технологий измельчения руд.

Решение проблемы обогащения крепких полиминеральных руд возможно при применении двух принципиально разных способов разрушения руд и минералов. Первый из них основан только на механическом разрушении, что требует создания специальных измельчителей руд со значительной единичной мощностью. В настоящее время данное направление встречает ряд затруднений: как указано выше, большая часть энергии при механическом измельчении теряется. Второй - до механического разрушения используется предварительное снижение прочности (разупрочнение) пород путем воздействия на руды и минералы тем или иным видом энергии.

В последнее время повышение производительности обогащения, эффективность измельчения связаны с изысканием эффективных методов разупрочнения руд. В связи с этим большое значение приобретают различные способы разупрочнения руд и минералов путем воздействия на них физическими полями.

Из всех известных и в определенной мере изученных видов энергии, с точки зрения способности влиять на физико-механические свойства минералов и руд, наиболее перспективна энергия электромагнитного поля сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Преимущества разупрочнения в СВЧ электромагнитных полях - это объемный характер влияния СВЧ энергии на структурное состояние руд.

В связи с этим нами проведены экспериментальные исследования энергоемкости измельчения горных пород и руд с целью управления их прочностными свойствами путем воздействия на них сверхвысокочастотными электромагнитными волнами - СВЧ-облучением.

Метод исследования. Известно, что при воздействии СВЧ-волнами на руду, содержащую минералы металлов (пирит, никелит, магнетит и т.д.) и минералы пустой породы (кварц, кальцит и т.д.), в первых - происходит поглощение энергии СВЧ-облучения в значительно большей степени, чем во вторых минералах. Поэтому в СВЧ-поле рудные минералы нагреваются, а пустая порода в начале остается холодной. Неравномерное нагревание приводит к появлению термомеханических напряжений и образованию микротрещин, а также формированию остаточных напряжений, которые, в свою очередь, тоже обуславливает изменение прочности.

Известен способ разрушения горных пород путем облучения двумя генераторами СВЧ-волн [1]. По данному способу сначала массив породы облучают волнами меньшей энергетической плотности (150-300 Вт/см^2) от первого генератора до образования теплового следа, а затем - волнами большей плотности (300-5000 Вт/см^2) от второго генератора, идущими в перпендикулярном направлении. Первое облучение создает в породе нагретую зону с повышенным значением мнимой составляющей диэлектрической проницаемости.

Для лучей (излучения) второго генератора указанная зона является сильно поглощающей, тогда как не нагретая порода – прозрачной. В результате мощность второго генератора поглощается в основном в зоне пересечения облучений. Резкий нагрев зоны пересечения приводит к тепловому расширению, фазовым превращениям, образованию газовой фазы и т.д. в этой области, что ведет к разрушению породы. Перемещая антенну второго генератора над поверхностью массива вдоль теплового следа, можно создавать канал разрушенной породы или резать ее. Этим способом разрушались кристаллические сланцы, амфиболиты, габбро-диабазы, граниты, песчаники и другие породы с использованием генераторов на частоте 2,4 ГГц. Объем разрушаемой породы в секунду составлял 180-250 см^3 [1].

В работе [2] приведены результаты проведенных экспериментов по измельчению и ситовому анализу проб железных руд, нагреваемых СВЧ-полем до 300^{0}С (плотность потока мощности 3560 Вт/см^2 , время облучения 3 мин), а также нагреваемых в муфельной печи до той же температуры, и проб, неподвергнутых тепловой обработке. Оказалось, что в продукте измельчения руды, нагретой в печи, по сравнению с контрольным (исходным) образцом, выход классов мельче 0,1 мм существенно не изменился, тогда как в нагретой СВЧ-полем пробе выход увеличился. Так, выход класса 0,074 мм увеличился на 6-10%. Крупные классы руды, нагретой в печи, оказались размолоты более эффективно - в них возросло содержание средних фракций. При СВЧ-нагреве до той же температуры, что и в печи, это различие проявляется в большей мере. Аналогичные зависимости были получены и на пробах руды, нагревавшихся до других температур - от 80 до 450^{o}С. Выявленные преимущества СВЧ-нагрева по сравнению с печным связываются с селективностью воздействия СВЧ-поля на минералы и раскрытием зерен по плоскостям спайности. Измельчение руды, обработанной СВЧ-полем в разных режимах, показало, что с увеличением времени воздействия содержание классов мельче 0,16 мм в продукте измельчения закономерно возрастает. При этом для контрольного и обработанного продуктов различие по классу 0,074 мм достигает 25%. Наиболее полное раскрытие для данной руды достигается в классе - 0,05 мм, что подтверждено данными, полученными при изучении под микроскопом. Обработка руды в потоке СВЧ - мощности 35 Вт/см^2 в течение 1-10 мин.

позволяет повысить производительность мельницы по крупности 10 - 0,05 мм на 60%. Увеличение потока мощности дает возможность достичь тех же результатов при меньшем времени обработки.

Недостатки указанных способов и методов измельчения руд состоят в том, что в них не предусмотрено точное определение оптимальной продолжительности воздействия на руду СВЧ-волн. Известно, что длительные воздействия СВЧ-волн могут привести, наоборот, к увеличению прочности (к упрочнению), а недостаточно продолжительное воздействие волн – к несущественным структурным изменениям, в результате чего не обеспечивается разупрочнение и уменьшение энергоемкости измельчения руд. Действительно, в работах исследователей из РФ [3,4] убедительно доказана необходимость подбора своего оптимального режима СВЧ – обработки для каждого конкретного вида горной породы, если мы имеем целью не только получить необходимые изменения ее параметров при минимуме энергозатрат, но и улучшить дальнейшую переработку. Случайно выбранный режим воздействия СВЧ - полем, как отмечено авторами, может не дать положительного результата.

Следует отметить, что длительность воздействия СВЧ-волн определяет не только эффект разупрочнения и упрочнения, но и величину потребляемой энергии.

Конечной целью наших исследований является снижение энергоемкости измельчения руд и минералов, уменьшение износа металлических частей мельниц и увеличение выхода полезных компонентов при их извлечении из руд и минералов. Для достижения поставленной цели отбирают пробу руды, из которой изготавливают навески (куски со средним размером 2 см по 25 штук для каждого режима СВЧ-воздействия). Опыты для каждого режима повторяются 5 раз.

В одном опыте измельчается по 5 кусков руды свободно падающим грузом по известной методике определения коэффициента крепости по толчению [5].

Из рудного месторождения отбирают необходимое, для обеспечения представительности, количество минерала или руды (обычно отбирают по одной пробе из каждого места, в котором нужно определить показатели, чтобы можно было получить не менее 30 навесок по 5 кусков каждая). Навески должны состоять из 5 кусочков размером в 20-25 мм в поперечнике каждый, которые получают, раскалывая отобранные пробы. Для каждого отдельного определения используется, как указано выше, 5 навесок. Полученные этим методом данные отличаются сравнительно невысоким коэффициентом вариации, равным в среднем 10-15%. Поэтому для получения надежной средней величины коэффициента крепости и удельной энергоемкости измельчения производится по 5 определений для каждой продолжительности СВЧ-воздействия на одной и той же пробе породы. Для определения коэффициента крепости разработан специальный прибор ПОК (прибор для определения крепости), состоящий из трубчатого копра, измерителя мелкой фракции. Каждая отдельная навеска дробится в стакане вертикально трубчатого копра прибора ПОК гирей массой 2,4 кг, сбрасываемой с высоты 600мм. В случае необходимости изменение величины работы разрушения при толчении целесообразно производить только варьированием числа ударов падающей гири по навеске.

Вес гири и высоту ее сбрасывания следует оставлять постоянными. Получавшаяся после толчения мелочь высыпается из стакана копра на сито с отверстиями 0,5мм, и по отдельности 5 навесок, раздробленных в копре прибора, просеивается. Фракция размером мельче 0,5мм (прошедшая через сито с этим размером) собирается и насыпается в стакан объемомера диаметром 23 мм, при помощи которого определяется высота столбика этой пылевой фракции. Величина коэффициента крепости исследуемой горной породы вычисляется по отношению затраченной на дробление ра-

боты к вновь образованной поверхности по эмпирической формуле М.М. Продьяконова

$$f_T = \frac{20n}{l} \quad (1),$$

где n –число ударов свободно падающего груза по одной навеске;

l –высота столбика пыли в объемомере, мм.

f_T - коэффициент крепости по толчению.

Обычно для руд с низкой и средней прочностью производят в зависимости от прочности руды от 3 до 15 ударов. Для подавляющего большинства руд кривая зависимости выхода пыли, характеризуемого величиной l, зависящей от затраченной на дробление работы А, имеет тенденцию к выполаживанию при больших значениях А. Поэтому рекомендуется подбирать для каждой испытываемой руды соответствующее определенной работе А, число ударов при разрушении навески, чтобы выход пыли l был примерно в пределах от 20 до 70мм. В формуле (1) $20n$ - пропорционально работе, затраченной на дробление навески, а l пропорционально вновь образованной поверхности.

После определения коэффициента крепости величина удельной (объемной) энергоемкости измельчения руды – К- при разных величинах длительности СВЧ-воздействия определяется по предложенной нами формуле:

$$K = \frac{nE_i}{V} \quad (2) \quad \text{или}$$

$$K = \frac{n \cdot mgh}{Sl} \quad (3)$$

где E_i - энергия единичного удара; V -объем фракции с размером менее 0,5 мм; m –масса свободно падающего груза; g -ускорение свободного падения; n –число ударов свободно падающего груза по одной навеске; l –высота столбика пыли в объемомере, мм.; h -высота падения груза; S -площадь сечения объемомера.

По полученным пяти значениям показателей определяется среднеарифметические величины.

Исследованиями установлено, что вновь образованная при дроблении хрупкого материала поверхность складывается в основном (примерно на 90%) из поверхности мельчайших кусочков величиной менее 0,5 мм. Поэтому для значительного упрощения метода после дробления определяется поверхность только мелких фракций - менее 0,5 мм – то есть величина высоты столбика пыли в объемомере при этом пропорциональна вновь образованной поверхности полученных при дроблении кусочков [5].

Результаты исследований. По предложенному методу - по данным определения удельной энергоемкости измельчения для исходного состояния (не подвергнутое к облучению состояние), и для разных величин длительности СВЧ-воздействия, путем построения графика зависимости «удельная энергоемкость измельчения – продолжительность времени воздействия СВЧ-волн» (рисунок 1,2,3,4), определяют оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ-волн, соответствующее минимальному звначению удельной энергоемкости измельчения данной руды. Оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ-волн принимают для обработки всей руды данного типа и размера кусков, подлежащих к измельчению в производственных условиях. Как видно из рисунков 1,2,3,4, оптимальное значение времени воздействия СВЧ-волн для известняка (карьер Ак-Татыр, Баткенская область), диорита (месторождение Токтозан), филлита серого (рудник Кумтор) составляет 3 минуты, а для кварца (рудник Восточный Коунрад) – 5минут.

Для облучения используется СВЧ-печь (микроволновая печь). В печи электричество, проводимое магнетрону, используется для генерации микроволновой

энергии. Микроволны проникают в зону воздействия через отверстия внутри печи и не могут проникать через металлические стенки печи. В печи можно выбирать 5 уровней микроволновой мощности. Использовался уровень мощности – 700 Вт. Частота микроволн – 2450 МГц. Полезный объем печи составляет 0,03 м^3. Образцы руд навесками по 200–250 г и средними размерами 20-25 мм помещались вовнутрь печи и облучались СВЧ - импульсами.



Рис. 1

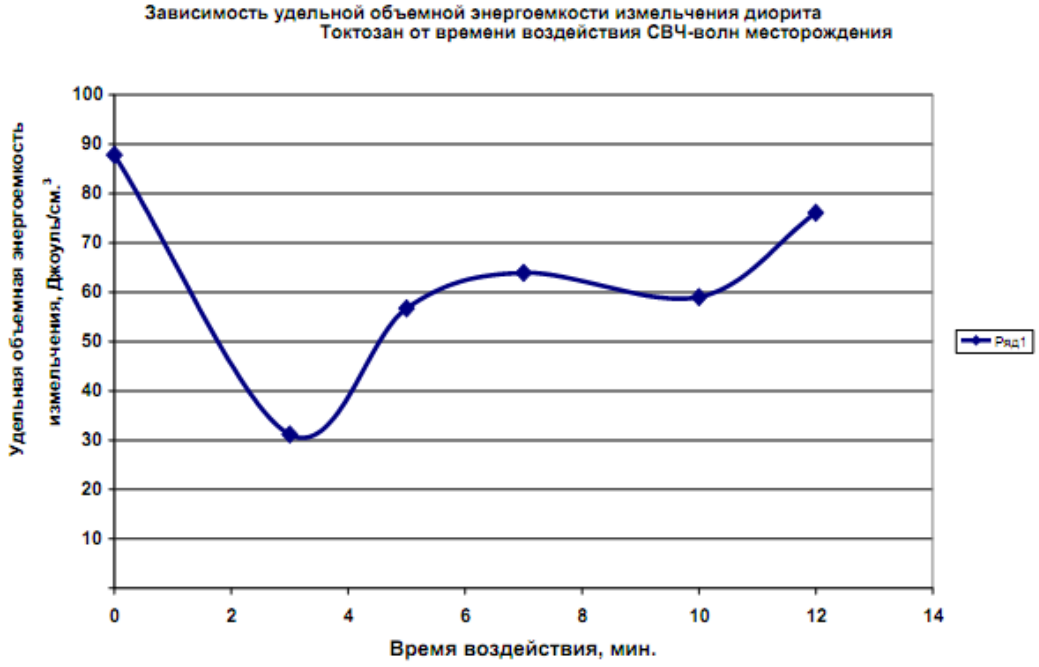


Рис. 2

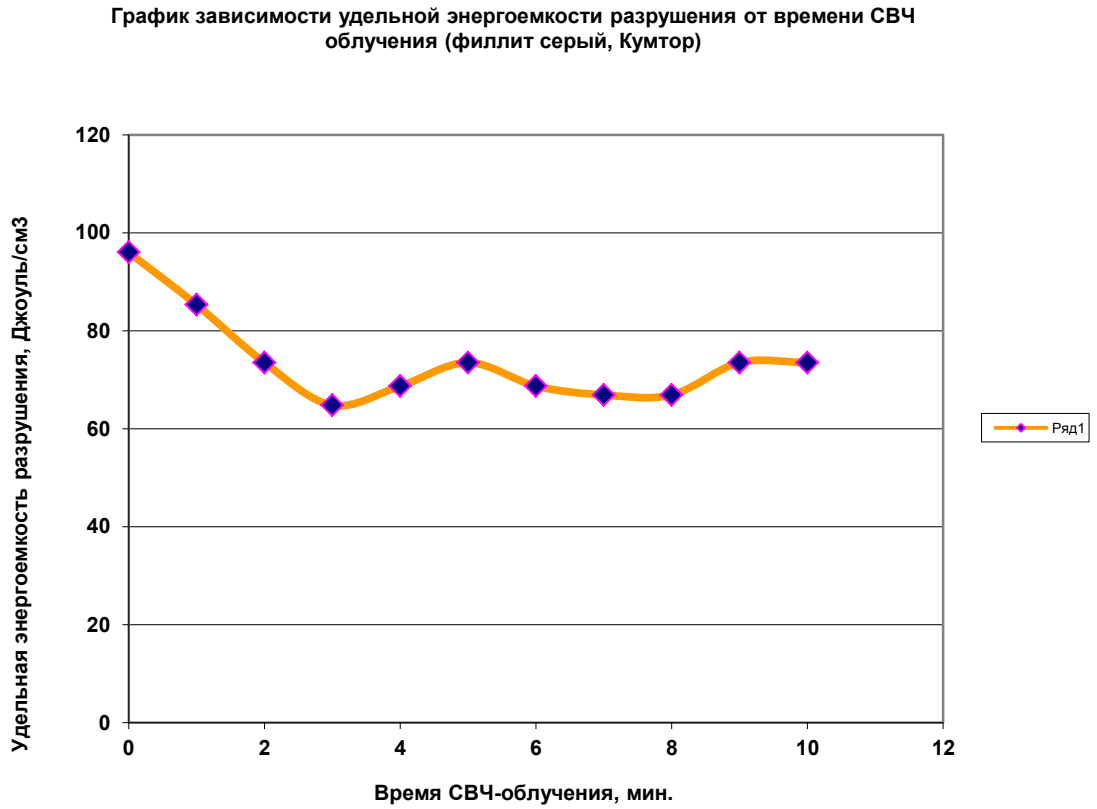

График зависимости удельной энергоемкости разрушения от времени СВЧ облучения (филлит серый, Кумтор)
Удельная энергоемкость разрушения, Джоуль/см3
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
Время СВЧ-облучения, мин.
Ряд1

Рис. 3

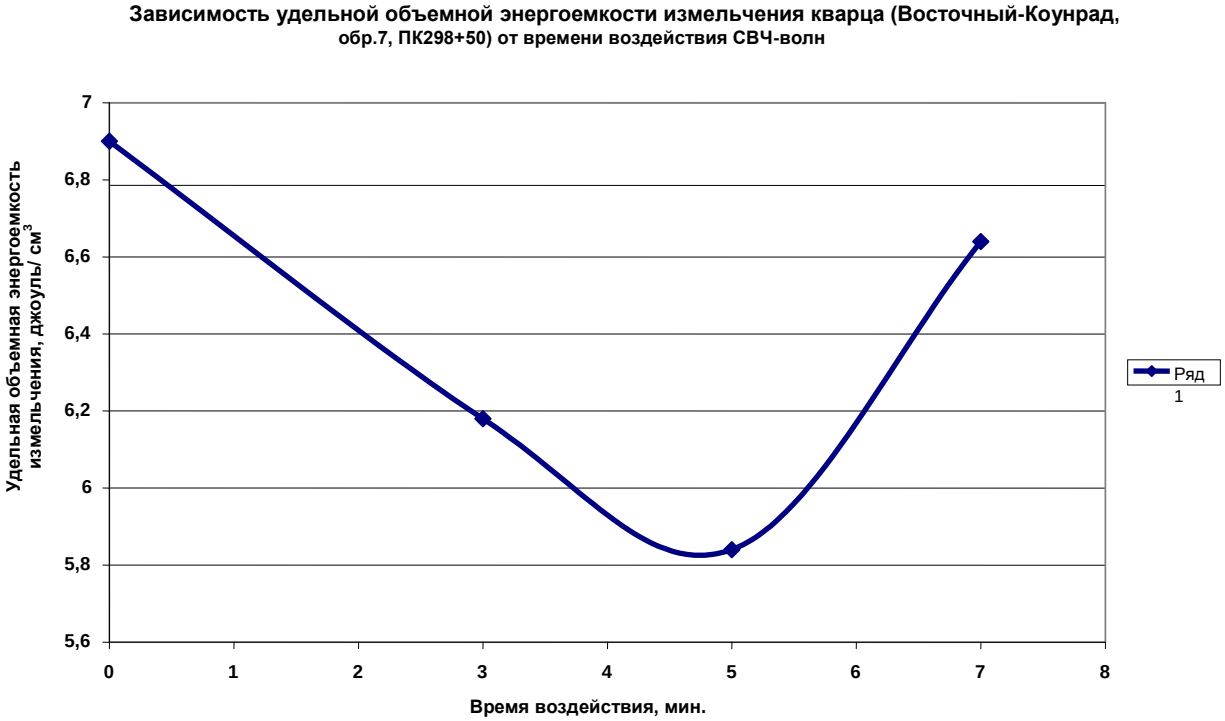

Зависимость удельной объемной энергоемкости измельчения кварца (Восточный-Коунрад, обр.7, ПК298+50) от времени воздействия СВЧ-волн
Удельная объемная энергоемкость измельчения, джоуль/ см3
7
6,8
6,6
6,4
6,2
6
5,8
5,6
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Время воздействия, мин.
Ряд 1

Рис. 4

Первоначально определяются исходные данные, т.е. коэффициент крепости по толчению и удельно-объемная энергоемкость измельчения исходного (не облученного) состояния руды. Затем такие же куски из руды подвергаются воздействию СВЧ-волн в микроволновой печи. Режим выдержки в печи следующий: от одной до девяти минут через интервал 1 минуты, а в некоторых случаях от одной до двадцати минут через каждые 2-5 минут.

Следует отметить, что экономия энергии на помоле при предварительном воздействии

СВЧ-волнами должна не только компенсировать энергозатраты на нагрев при предварительном СВЧ-воздействии, но и обеспечить существенную экономию энергии. При этом уменьшается износ металлических частей мельниц, увеличивается выход полезного компонента (извлекаемого металла) за счет улучшения раскрываемости минеральных зерен, так как при оптимальной продолжительности воздействия на руду СВЧ-волнами происходит существенное разупрочнение руды. Судя по снижению прочности, можно отметить, что уменьшение износа, следовательно, расхода металла в мельницах тоже будет значительным. Структурные анализы показали, что при воздействии СВЧ-волн улучшается раскрываемость зерен извлекаемых металлов и минералов, за счет чего увеличивается выход извлекаемого компонента. Например, как показывают наши опыты и расчеты, для диорита месторождения Токтозан удельная энергоемкость измельчения в исходном состоянии составляет 87 Дж/см^3 , а после 3 минут воздействия СВЧ-волн – 30 Дж/см^3 (рис. 2) . Расход энергии при мощности печи 0,7 кВт и в течение 3 минут составляет 0,7*0,05ч = 0,035 кВт-час или 35 Вт-час*3,6* 10^3 = 126000 Дж. При полезном объеме печи 30000 см^3 удельный расход энергии на 3 минутное СВЧ-облучение составляет 126000 / 30000 = 4,2 Дж/см^3 . С учетом расхода энергии на СВЧ-облучение общая удельная энергоемкость измельчения составляет 30+4,2 = 34,2 Дж/см^3. Таким образом, экономия энергии при оптимальном СВЧ-облучении, по сравнению с необлученным (исходным) состоянием, составляет 87-34,2 = 52,8 Дж/см^3, или экономия энергии при измельчении диорита после СВЧ-облучения составляет 60,7% .

Для известняка (карьер Ак-Татыр) удельная энергоемость измельчения в исходном состоянии составляет 120 Дж/см^3, а после 3 минут воздействия СВЧ-волн – 73 Дж/см^3 (рис. 1). С учетом расхода энергии на СВЧ-облучение общая удельная энергоемкость измельчения составляет 73+4,2 = 77,2 Дж/см^3. Экономия энергии при оптимальном СВЧ-облучении, по сравнению с необлученным (исходным) состоянием, для известняка составляет 120-77,2 = 42,8 Дж/см^3, или экономия энергии при измельчении после СВЧ-облучения составляет 35,7 % .

Следует отметить, что чем больше неоднородность руды, тем больше эффект разупрочнения и экономия энергии при измельчении после оптимального режима СВЧ облучения, так как неоднородность вещественного состава и структуры приводит к неоднородному нагреванию и формированию термонапряжений, обуславливая образование микротрещин.

Применение предлагаемого метода обеспечит экономический эффект за счет экономии энергии, уменьшения расхода металла, а также увеличение выхода полезного компонента (извлекаемого металла), улучшение раскрываемости минеральных зерен, так как при оптимальной длительности воздействия на руду СВЧ-волнами происходит существенное разупрочнение руд.

Выводы

1. Для определения величины удельной (объемной) энергоемкости измельчения руды при разных величинах длительности СВЧ-воздействия

предложена формула, представляющая собой отношение энергии измельчения руды свободно падающим грузом к объему измельченной руды фракции менее 0,5 мм.

2. Установлено, что оптимальное значение времени воздействия СВЧ-волн для известняка (карьер Ак-Татыр, Баткенская область), диорита (месторождение Токтозан), филлита серого (рудник Кумтор) составляет 3 минуты, а для кварца (рудник Восточный Коунрад) – 5минут.

3. Разработан метод оптимального разупрочнения и измельчения крепких руд и минералов, позволяющий определить оптимальную продолжительность воздействия СВЧ-волн для руды данного типа и размера кусков, подлежащих измельчению.

4. Установлено, что экономия энергии при оптимальном СВЧ-облучении, по сравнению с необлученным (исходным) состоянием для диорита месторождения Токтозан составляет 60,7%, для известняка (карьер Ак-Татыр) - 35,7 % .

Литература

1. Москалев А.Н. и др. Способ разрушения горных пород электромагнитными волнами. Авт. св. СССР № 724731, кл. Е21С 37/18, 1977г.).
2. Абкин Е.Б. и др. Измельчение руд с применением электромагнитной энергии СВЧ. Обогащение руд. Ленинград, 1986, № 6, с 2-5.
3. Новик Г.Я., Зильбершмидт М.Г. Управление свойствами пород в процессах горного производства. М., Недра, 1994.
4. Зецер Ю.И. и др. Применение СВЧ - нагрева для рудоподготовки железистых кварцитов Михайловского горно-обогатительного комбината перед их обогащением. //Всес. У1 научно-практич. конф. "Применение СВЧ-энергии в технологич. процессах и научных исследованиях". Тезисы докл., Саратов, 1991, -с. 98-100.
5. Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф. Свойства горных пород и методы их определения. -М.: Недра. -1969. – 452 с.

УДК 622.02 (075.8)

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Тажибаев К.Т., Султаналиева Р.М., Конушбаева А.Т.
КГТУ им. И. Раззакова

Представлены результаты определения поверхностной энергии минералов различных авторов и методов. Установлено, что значения поверхностной энергии по данным различных методов различаются между собой вследствие неточных определений вновь образованной поверхности и величины энергии, затрачиваемой непосредственно на образование новой поверхности.

The results of determining the surface energy of minerals of different authors and methods. It is established that the values of the surface energy according to various methods differ among themselves by not precise definitions of the newly formed surface and the energy consumed directly in the formation of a new surface.

Введение. Поверхностная энергия – это энергия, сосредоточенная на границе раздела фаз, избыточная по сравнению с энергией в объеме. При увеличении поверхности раздела фаз удельная полная поверхностная энергия (на единицу поверхности) характеризует увеличение энергии системы. Она равна сумме механической работы образования единицы площади поверхности и поглощаемой при этом теплоты [1].

Понятие поверхностной энергии твердых тел связывается с явлениями разрушения. При разрушении горных пород,

сопровождающемся образованием новой поверхности, затрачиваемая энергия расходуется на упругие деформации, на образование теплоты и на поверхностную энергию. Поверхностная энергия связана с межмолекулярным взаимодействием, так как состояние частиц (атомов, молекул) на границе раздела фаз отличается от состояния в объеме фаз вследствие некомпенсированности силовых полей частиц на поверхности раздела. Состояние поверхности и поверхностные силы играют существенную роль в тех случаях, когда поверхность сильно развита (например, в высокодисперсных системах), при получении вещества в виде тонких пленок, когда сфера действия поверхностных сил соизмерима с толщиной пленок, в капиллярных явлениях. При образовании поверхности раздела фаз затрачивается работа против некомпенсированных сил межчастичного взаимодействия на поверхности. Поверхностная энергия определяется как работа образования единицы площади поверхности или как сила, приложенная к контуру на поверхности и препятствующая увеличению поверхности.

Поверхностная энергия σ, как это определено из устойчивых опытов разрушения растяжением на различных типах горных пород, бывает в порядке 10^3 эрг/см^2 [1]. Основной источник противоречий данных σ приписывалось неправильному учету полноты вновь образованной поверхности при распространении трещины через зернистую среду. Одним из аспектов предположения исследований остаточной пластической деформации в горных породах является оценка содействия такой деформации процессам разрушения. Несмотря на незаконченность работы, подтверждено, что оно является причиной значительного различия этих величин и порядков в монокристаллах и горных породах [1].

В основном σ вычисляется из внешней энергии, требуемой для распространения устойчивой трещины разрыва через горную породу и из площади вновь образованной поверхности S, следующим образом:

$$\sigma = \frac{U}{2S}; \quad \left[\frac{эрг}{см^2}\right],$$

где U - поверхностная энергия, σ - можно рассматривать как избыток энергии на единицу площади, или как силу, которую необходимо приложить к единице длины, чтобы разорвать поверхностной слой.

Действительная поверхностная энергия σ еще называется удельной поверхностной энергоемкостью разрушения твердых материалов. Всякий кристалл обладает внутренней и поверхностной энергией. Внутренняя энергия измеряется той работой, которую нужно затратить, чтобы разделить кристалл на частицы (атомы, ионы, молекулы) и удалить их на такие расстояния друг от друга, при которых прекращается взаимодействие между ними. Эта внутренняя энергия пропорциональна объему кристалла и для двух кристаллов одного и того же вещества, имеющих одинаковые объемы, она одинакова. Кроме того, кристалл обладает поверхностной энергией, которая пропорциональна поверхности кристалла. Следовательно, полная энергия кристалла состоит из внутренней энергии и поверхностной энергии. Поверхностная энергия различных граней кристалла различна. Удельная поверхностная энергия зависит от температуры и от того, в какой среде находится кристалл.

В объемах молекулярные силы, действующие на молекулу со стороны соседних молекул, взаимно компенсируются. В поверхностном слое такой компенсации нет, и на поверхностные молекулы действуют силы, направленные внутрь наиболее полярной фазы (имеется в виду соприкосновение двух фаз, например, твердые тела и жидкость). Эти силы компенсируются тем, что происходит сжатие поверхностного слоя, и силы упругости производят компенсацию. Поверхностный слой находится в упруго напряженном состоянии, и это вызывает сгущение энергии на поверхности. Поверхностная энергия твердых тел падает с повышением температуры.

В жидкостях молекулы могут легко перемещаться, и процесс образования новой поверхности можно считать практически обратимым процессом. В твердых телах образование новой поверхности является необратимым процессом, так как частицы твердого тела могут перемещаться с большим трудом (исключение-процесс расщепления слюды в вакууме и т.п.). Для жидкостей поверхностный слой имеет одинаковые свойства по всем направлениям, а в кристаллах поверхностный слой обладает различными свойствами по разным направлениям (розетки твердости). Поверхностные энергии разных плоскостей кристалла различны. Если возьмем аморфное тело или кристалл, у которого нет плоскостей спайности и поверхностная энергия одинакова для всех плоскостей, то розетка твердости обращается в круг. Спайностью называется способность кристаллов некоторых минералов раскалываться по определенным плоскостям, параллельным плоским сеткам кристаллических решеток. Плоскость спайности совпадает с той плоскостью, для которой удельная поверхностная энергия разрушения σ имеет наименьшее значение. Наиболее вероятным значением для поверхностной энергии грани куба кристаллов каменной соли можно принять $\sigma_{(100)}$=300 эрг/см^2 [4].

Измерения удельной работы разрушения показывают, что большая часть энергии переходит в теплоту и лишь очень небольшая часть расходуется на диспергирование. Более правильным было бы говорить о рассеивании большей части энергии не в виде теплоты, а в виде напряженного возмещения.

Для разрушения тела необходимо затратить некоторую энергию, довести упругие напряжения в нем до определенного значения и затем затратить энергию на самый процесс разрушения, т.е. на процесс образования новых поверхностей. Энергия, затраченная на образование в теле упругих деформаций, после разрушения тела переходит в теплоту. Часть же энергии, расходуемая на разрушение, очень мала.

Прочность кристаллов зависит от сил взаимодействия между ионами или атомами, от конструкции кристаллической решетки, от междуатомных или ионных расстояний и от валентности ионов.

Методы исследования. Экспериментальное измерение поверхностной энергии в горных породах представляет собой трудную задачу из-за медленного (по сравнению с жидкостью) протекания релаксационных процессов и большой диссипации энергии при разрушении и образовании новой поверхности, что обычно затрудняет рассмотрение этого процесса как изотермического, обратимого.

Существует несколько методов измерения поверхностной энергии, из которых наиболее достоверные результаты дает метод нулевой ползучести (Таммана-Удина), основанный на наличии у тела вязкой ползучести, то есть способности при достаточно высокой температуре медленно течь под действием приложенной силы. Графическая интерполяция величины этой силы к значению, при котором вязкая ползучесть уравновешивается поверхностным натяжением, позволяет определить поверхностную энергию.

В работе [2] даются теория процесса абразивного шлифования хрупких горных пород для определения σ, а также методика и результаты лабораторных исследований поверхностной энергии.

Установлено, что энергоемкость образования единицы новой поверхности для роговиков и диорит - порфаритов составляет1,6 ÷ 1,65 Дж/м^2 ≈ 1600 эрг/см^2. Методы сверления и взаимного шлифования, выполненные в порядке контрольных, дают приблизительно такие же результаты.

Показатель поверхностной энергии хорошо корреллируют с энергоемкостью разрушения горных пород взрывом. Характеристика поверхностной энергии положена в основу прогнозирования гранулометрического состава отбиваемой породы взрывом. Для гетерополярных решеток

типа *NaCl* поверхностная энергия σ в эрг/см^2 для грани куба может быть вычислена согласно элементарной теории Я. И. Френкеля по формуле:

$$\sigma_{(00)} = 0{,}016\frac{e^2}{r^3},$$

где e - элементарный заряд, r - расстояние между соседними ионами противоположного знака.

Таблица 1

Значения поверхностной энергии некоторых солей

соль	$\sigma_{(100)}$, эрг/см^2		r, А^0
	Борн и Штерн	Френкель	
LiCl	-	205	2,57
NaCl	150	164	2,81
NaBr	118	140	2,99
KCl	107	121	3,15
KBr	92	97	3,30
KJ	75	83	3,51

Из таблицы видно, что поверхностная энергия обусловлена внутренним строением вещества и пропорционально зависит от r. Следует заметить, что кристаллы, выращенные из растворов, обладают меньшей прочностью (меньшей σ) по сравнению с кристаллами, выращенными из расплавов, при вращении из растворов попадает вода и ослабляет связи.

Маятниковый склерометр дает возможность располагать хрупкие тела в ряд по возрастающей поверхностной энергии. В работе [3] регистрация площади сдвига для устойчивого разрушения является точным значением *U,* при условии, что некоторая энергия теряется в форме тепла и звука незначительно. Наибольший источник ошибок заключается в действительности в измерении истинной площади поверхности разрушения. Эта площадь принимается как (*а*) номинальная площадь, если поверхность совершенно ровная; (*б*) номинальная поверхность скорректирована для каждой стороны разрыва и (*с*) номинальная площадь скорректирована оптически определенным коэффициентом подсчета топографии. В наилучшем из вариантов площадь в несколько (10 -100) раз меньше для того, чтобы достигать реальных значений σ (таблица 2). Вычисления σ из устойчивых разрушений изгибом, сопротивление срезу балок (прорез балок) несколько меньше, чем предварительно опубликованные значения для подобных горных пород. Хотя эти значения тоже по величине на один-два порядка больше, чем σ для соответствующих монокристаллов.

Таблица 2

Поверхностная энергия для избранных материалов [3]

Материал	Энергия (поверхностная энергия) разрушения, (10^4 эрг/см^2)	Источник
1) Данные из прорезанных балок		
Силикаты	3,0	
Стекло	0,34	—″—
—″—	0,54	—″—
—″—	0,53	—″—
—″—	0,50	—″—
—″—	0,55	—″—
2) Данные из метода (расслаивание) Гильмана.		
Кальцит (1011)	0,023	Гильман
Кальцит (1011)	0,035	Сантапани-Гапта
Кварц (1011)	0,041	Брейс и Валпе
Кварц (1011)	0,050	—″—
Кварц (1010)	0,103	—″—

Известняк 1	3,8	Перкинс и Бартлет
Известняк 2	1,9	—″—
Известняк (Индиана)	4,2	—″—
Песчаник (Аризон.)	12,7	—″—
Известняк 3	1,7 *	Перкинс и Креч
Известняк 4	3,5 *	—″—
Песчаник	8,8 *	—″—
3) Гранит	5,0±0,5+	Фурутан Рад и
Мрамор	5,0±1,5+	Моувензаден
Известняк (Индиана)	2,0 – 11,0 ++	

Примечания: * – Моувензаден [6] и Фурутан-Рад и Моувензаден показали, что σ изменяется нагреванием и от незащищенности поверхностей. Значения перечисленные здесь, не трактуются для образцов, разрушенных при комнатной температуре и при атмосферном давлении.

\+ – Колебание значений на 50 процентов глубины прореза.

++ – Колебание значений для различных направлений разрушения относительно залегания индианского известняка. Данные для кальцинированного песчаника такие же как для известняка.

Известны также следующие косвенные методы определения поверхностной энергии.

Метод абразивного шлифования. При шлифовании громадная часть затраченной энергии расходуется на упругие деформации и переходит в теплоту, а очень небольшая, но определенная часть энергии расходуется на диспергирование, т.е. на увеличение поверхностной энергии системы. Если сделать предположение, что при определенном абразиве на диспергирование расходуется одна и та же часть затраченной работы при шлифовании различных кристаллов и что частицы порошков, образующихся в результате шлифования, одинаковы для различных кристаллов, то получается ряд полезных соотношений. (Методом абразивного шлифования можно определять отношения поверхностных энергий различных кристаллов).

Метод сверления. Если сверление произвести сверлом с острым кончиком, то диаметр лунки линейно возрастает с увеличением числа оборотов n при усилии подачи $P=const$ и линейно возрастает с нагрузкой P при $n=const$. Из угловых коэффициентов этих прямых определяли относительное значение поверхностных энергий.

Метод взаимного шлифования. Этот метод заключается в том, что два кристалла от руки взаимно шлифуются с подсыпкой какого-либо абразивного порошка. Оказывается, что отношение ошлифованных масс не зависит от продолжительности шлифования, от степени нажатия и мало зависит от рода и зернистости абразива. У Кузнецова ряд расположений по взаимному шлифованию оказался такой же, как по шкале Мооса. При этом он полагает, что объемы отшлифованных слоев обратно пропорциональны поверхностным энергиям (удельным): $\frac{V_1}{V_2}=\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$

Таблица 3

Значения σ в эрг/см^2

	соль / авторы	*NaCl*	*NaBr*	*NaJ*	*KCl*	*KBr*	*KJ*
1	Борн и Штерн	150,2	118,7	95,9	107,5	91,6	74,9
2	Френкель	164	140	107	121	118	83
3	Жданов	210	174	-	-	115	113
4	Бимюлер	86,7	69,5	50,7	91,4	76,6	59,4
5	Леннард-Джонс	93	90	88	75	73	72
6	и Дент Дент	77	76	79	56	54	58
7	Расплавленные соли при Т-плав.	114	106	87	97,5	89	85

В таблице 3 приведены значения поверхностной энергии по данным различных авторов для грани (100) некоторых солей.

Поверхностная энергия и анизотропия несовместимы друг с другом. Это вытекает из того, что поверхностная энергия σ равняется этой работе, которую необходимо затратить, чтобы перевести (атомы, ионы или молекулы) из внутренних частей на единицу поверхности или чтобы образовать единицу новой поверхности. Эта работа не является вектором и не может быть анизотропной. Однако для всех кристаллов с явной плоскостью спайности почти по всем методам получается как бы анизотропия поверхностной энергии. На первый взгляд, здесь наблюдается анизотропия поверхностной энергии, в действительности же никакой анизотропии нет, а только результат скалывания зависит от расположения плоскости скола относительно плоскостей спайности. Кажущаяся анизотропия поверхностной энергии кристаллов каменной соли наблюдается при шлифовании, при царапании, при определении твердости по методу затухающих колебаний. Однако если учесть во всех этих случаях расположение сил, производящих выколы частичек, то определится только одно значение поверхностной энергии для грани куба $\sigma_{(100)}$. Все очень сложные явления при царапании, при шлифовании и т.д., в которых резко проявляется анизотропия, можно объяснить существованием двух систем плоскостей спайности неодинакового совершенства [4].

Выводы:

1. Показатель поверхностной энергии не зависит от трещиноватости и слоистости горных пород при точном определении истинной вновь образованной поверхности и количества энергии, расходуемой непосредственно на образование новой поверхности данной горной породы, является интегральной характеристикой энергоемкости разрушения.

2. Значительные расхождения значений поверхностной энергии при определении разными методами и авторами главным образом обусловлены значительной погрешностью определения вновь образованной поверхности разрушения и величины энергии разрушения за вычетом диссипативных потерь.

3. Существующие косвенные методы (метод абразивного шлифования, метод сверления, метод взаимного шлифования) дают неточные результаты определений σ вследствие неточности определения вновь образованной поверхности, так как до разрушения существуют в материале внутренние поверхности ослабления (трещины, дефекты структуры), учет которых этими методами не осуществляется.

4. Для наиболее точного определения величины поверхностной энергии горных пород и минералов необходимо разработать точные методы определения вновь образованной поверхности и учета диссипативных потерь энергии при разрушении.

Литература

1. Трубецкой К.И., Викторов С.Д. Современные проблемы разрушения массивов горных пород. – М.: 1987.
2. Березин В. К. Исследование поверхностной энергии горных пород методом абразивного шлифования. - М.: Недра, 1894.
3. Моувензаден А. Н. Способ определения энергии поверхности приразрушении горных пород. Авт. св. СССР № 1123118, кл. H05B 6/64, 1977.
4. Кузнецов В. Д. Поверхностная энергия твердых тел. М., 1964.

УДК 539.16:574(575.2)

ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АК-ТЮЗ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ЧУ

Клименко Д.П.
ИГДиГТ им. академика У.Асаналиева

In article influence of activity of tailings dams, on pollution of a valley Chu river is described. The qualitative and quantitative structure of polluting substances is considered.

В статье описывается влияние деятельности хвостохранилищ Ак-Тюз на загрязнение долины р.Чу. Рассмотрен качественный и количественный состав загрязняющих веществ.

На левобережье р.Чу выделяется полоса субширотного простирания от западной границы изучаемой площади и далее к востоку, охватывая пгт.Быстровка и Орловка, где оконтурен ряд литогеохимических ареалов. В эту полосу, кроме пгт. Орловка и Кемин, входят поселки Ивановка, одноименная железнодорожная станция, Гидростроитель, Дружба, Чым-Коргон, Кара-Дебе, Самансур, Подгорное и город Токмок. Здесь же проходит автотрасса стратегического значения Бишкек - Иссык-Куль - Торугарт и железная дорога Бишкек - Балыкчы.

Многочисленные ареалы представлены комплексом различных элементов, но практически везде присутствует свинец; во многих, кроме того, цинк и реже медь. Юго-восточнее пгт.Орловка на участке – «отстойник» Боордунского рудника аномалия представлена набором элементов с частотой встречаемости более 60% - Yb, Pb, Be, Bi, Mo, W и от 30 до 60% - Zn, Zr, Cu, Sn [1]. Южнее и юго-восточнее пгт.Орловка на площади развития палеозойских образований потоки рассеяния представлены разнообразным спектром химических элементов, но во всех опять же концентрируются свинец, цинк и реже медь.

Концентрации свинца и цинка в почвогрунтах совместно с другими элементами обусловлена преимущественно техногенезом. Во-первых, «заражение» тяжелыми металлами связан с выбросами в окружающую среду отходов от работы авто- и железнодорожного транспорта, сжиганием органического топлива на предприятиях, в котельных и частном секторе. Во-вторых, образование обширного ареала площадью около 30км^2 в районе пгт.Орловка обусловлено работой Боордынской горно-обогатительной фабрики, перерабатывающей редкоземельно-редкометалльные руды месторождений Ак-Тюзской группы для получения концентрата-иттрия, и Орловкого горнорудного комбината, занимающегося переработкой редкометалльно-полиметаллических руд Боордунской группы месторождений.

Вторичные ареалы по потокам рассеяния, опробованные в междуречье Боорду-Бюркют-Талдыбулак, характеризуются комплексом элементов различного состава, в которых концентрируются свинец, цинк, реже медь и встречается кадмий. Здесь потоки рассеяния в нижнем течении ручья Бюркют и в верховьях междуречья Боорду-Бюркют идут от горно-обогатительной фабрики и практически повторяют элементный состав на участке «отстойник», то есть происхождение техногенное. Остальные берут начало в пределах Боорду-Талдыбулакского рудного поля, характеризующегося широким геохимическим спектром (12 элементов, в том числе Pb, Cd, Cu, Zn, As, Sb) первичного ареала рассеяния (коренные породы), а также от золоторудного месторождения Талдыбулак Левобережный.

Кичи-Кеминская долина на правобережье реки Чу, сложенная четвертичными отложениями, «заражена» комплексом элементов, в котором концентрируется все тот же свинец. Детализа-

ционные работы в селе Кичи-Кемин позволили оконтурить комплексный ареал: Mo, W, Ag, Bi, Zn, Sn, Yb, Y, Be, Pb, а наибольший геохимический спектр, зафиксированный на хвостохранилищах, вызвал сквозное (вдоль реки Кичи-Кемин) «заражение» элементами: Mo, W, Pb, Bi, Zn, Sn, Yb, Y, La, Be, Li [1].

Следовательно, загрязнение почвогрунтов по всей долине обусловлено прорывом отходов из хвостохранилищ Ак-Тюзкого рудника. Кроме того, в горном обрамлении Кичи-Кеминской долины поисковыми и геологоразведочными работами выявлены месторождения и рудопроявления, оконтурены многочисленные рудные поля с широким геохимическим спектром. Снос разрушаемого рудного материала и в конечном итоге его накопление в долине накладывает на техногенное загрязнение еще и природное, но это довольно длительный и не катастрофический процесс.

В долине реки Чон-Кемин оконтурены комплексные ареалы, где присутствует свинец. Природа образования ареалов естественная, за счет разрушения рудного материала золоторудного проявления р.Тегирментису и многочисленных рудных полей, расположенных в горном обрамлении долины.

Гидрохимическое опробование водотоков и родников производилось неравномерно. Однако результаты химических и спектральных анализов сухих остатков водных проб показали, что практически поверхностные воды и воды родникового стока не загрязнены, за исключением отдельных случаев. Так, в бассейне Боорду, Бюркют, Талдыбулак в большинстве проб барий (1,2-4ПДК). Наибольший элементный состав и контрастные содержания отмечены в ручье Бюркют Yb (72 геофона), Y (40 геофонов), Li (26,7 ПДК), Sr (2,9ПДК), Ni (2,8 ПДК), расположенном ниже горно-обогатительной фабрики. Воды в отстойнике загрязнены повышенными содержаниями Be (175-1483 ПДК), Ti (1,9-124 ПДК), Ni (3,7-15,5 ПДК), в отдельных пробах Cu, Pb, Y, Ba (1-3ПДК), то есть состав соответствует полиметаллическо-редкоземельно-редкометалльной группе отработанных здесь месторождений [1]. В бассейне реки Кичи-Кемин большинство проб неаномальны. Здесь в хвостохранилище I родник на выходе из штольни характеризовался повышенным содержанием урана (1,3 ПДК).

Проведенные эколого-гидрогеологические исследования дают основание заключить, что в целом поверхностные и связанные с ними подземные воды - не загрязнены и отвечают требованиям, предъявляемым к качеству питьевого назначения. Надо сказать, что большая часть территории не защищена и слабо защищена с поверхности от проникновения загрязняющих веществ в четвертичные водоносные горизонты.

На площади порядка 50% почвогрунтов «заражены» свинцом и цинком. Дальнейшая техногенная нагрузка на окружающую среду обусловит накопление тяжелых металлов в почвогрунтах. Возобновление деятельности Орловского и Ак-Тюзкого горнорудных комбинатов, разработка месторождений, в том числе золоторудного - Талдыбулак Левобережный, дополнительно вовлечет в аккумуляцию не только тяжелые металлы, но и другие канцерогенные вещества. Концентрация тяжелых металлов на локальных участках и особенно на геохимических барьерах до предельного насыщения приведет к «прорыву» так называемого «концентрата» путем инфильтрации атмосферных и оросительных вод, загрязняющих веществ через зону аэрации до уровня грунтовых вод.

В Кичи-Кеминской долине радиационный фон в поселке Ак-Тюз варьирует в пределах 19-32мкР/час. Ак-Тюзские хвостохранилища представляют реальную опасность и в отношении концентрации радиоактивных элементов. Так, на прилегающих к ним территориях уровень радиации составляет 100-200мкР/час, а на самих хвостохранилищах экспозиционная доза излучения до 800-1500мкР/час. Вдоль поселков Боролдой, Кичи-Кемин, Джаны-Джол оконтурен ареал с радиационным

фоном 29-44мкР/час, образованный в результате прорыва двух хвостохранилищ Ак-Тюзкого горнорудного комбината. В контуре ареала выделены аномальные участки с излучением 45-57мкР/час и более 57мкР/час, в пределах которых в отдельных точках в местах накопления песков и пестроцветных глин доза излучения достигает 92-180мкР/час [2].

Литература

1. Пратов Э.М. Условия загрязнения подземных вод в восточной части Чуйской впадины. Кыргызская комплексная гидро-геологическая экспедиция. – Бишкек, 2005. – 120 с.
2. Менг С.В. Оценка радиационно-экологического состояния территории Кыргызской Республики. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Бишкек: НАН КР, 2003. –155 с.

УДК: 504.4+368.025.637:502.1.

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ И РИСКА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Мелешко А.А., Молдобеков Б.Д.
ИТД и ГТ им. У. Асаналиева
anna.meleshko@caiag.kg

В данной статье представлены краткая концепция и методы оценки опасности и риска природных процессов, а также новые понятия и термины, разработанные международным научным сообществом, но не согласованные и все еще не введенные в глоссарий оценки риска природных процессов в русском языке.

The article briefly describes the concept and methods of natural hazards and risk assessment, as well as new terms and definitions developed by the international scientific community, which are still to be agreed and introduced to the glossary for natural hazards and risk assessment in the Russian language.

Введение. В новом столетии наука о рисках становится одной из ведущих для концепции развития общества. Индустриальное развитие стран, развитие новых технологий, разного рода промышленности, рост техногенной нагрузки на окружающую среду – все это приводит к все более частому проявлению чрезвычайных ситуаций, стихийных бедствий и катастроф антропогенного и природного характера, которые, в конечном итоге, приводят к социальным, экологическим и экономическим последствиям. Рост чрезвычайных ситуаций связан не только с увеличением человеческой деятельности и нагрузки на биосферу, но так же, как показывает опыт прошлых лет и десятилетий, с несовершенными подходами и стратегиями обеспечения безопасности окружающей среды и общества, планирования безопасной деятельности промышленных предприятий и устойчивого развития. По этой причине в последнее время отмечается рост научных исследований в области оценки опасности и риска. База основы и проблемы оценки опасности и риска изложены во многих трудах отечественной и зарубежной литературы, например в трудах Ваганова П.А., Касьяновой Н.А., Шеко А.И. и Круподерова В.С., Бартелла С.М., Мертца Б. и.т.д.

В настоящее время в различных странах ведется разработка методик оценки риска природных процессов с последующей разработкой карт, по которым возможно будет определить количественно социальный, экологический и экономический ущерб в пространственном и временном масштабах, но до сих пор общепринятых унифицированных принципов оценки опасности и рисков природных процессов не имеется. Нет до

сих пор и единой трактовки терминов «опасность» и «риск» природных бедствий.

Цель статьи не только представление самих терминов и определений, которые могут использоваться для ознакомления с понятиями в области оценки опасности и риска природных процессов, для дальнейшей разработки единого глоссария, так как одна из главных проблем при оценке риска - это отсутствие некоторых терминов в русском языке, поскольку они были разработаны недавно международным научным сообществом; но также и побудить исследователей, работающих в разных дисциплинах и сталкивающихся с одной и той же проблемой, на обсуждение и усовершенствование понимания некоторых новых понятий.

Метод исследования. Сравнительный анализ понятий, относящихся к оценке опасностей и риска природных процессов.

Различными организациями и проектами предпринимаются попытки разработать специальный технический глоссарий терминов, касающихся оценки опасности и риска, и их классификации. Разработка такого глоссария терминов является первой основной необходимостью для того, чтобы минимизировать неясность и недопонимание при работе в этой области и сделать первый шаг в работе над оценкой рисков природных опасностей. Отсутствие общих унифицированных терминов остается все еще проблемой для исследователей и специалистов по оценке опасности и риска. Эта проблема становится более критичной, когда необходимо рассматривать различные типы опасностей и рисков в единых рамках, в единой системе.

По Шеко А.И. и Круподерову В.С., «опасность» определяется, как вероятность проявления геологических процессов в пространстве и времени с определенными энергетическими характеристиками (скорость, площадь, объем, дальность перемещения). Опасность не зависит от освоенности и нахождения на этой территории людей или животных. В то же время Дзекцер Е.С. определяет опасность как угрозу ущерба (здоровью человека, материального, экономического и т.д.).

Термин «Риск» часто понимают как вероятность возникновения события, приводящего к неблагоприятным последствиям. Однако при оценке риска природных бедствий необходимо учитывать социальные и экономические потери, поэтому в области оценки риска стихийных бедствий более целесообразно понимать риск**,** как «вероятностную меру природной опасности для определенного объекта в виде возможных потерь за данное время», а также «социально-экономическую категорию, которая складывается из масштаба процесса и тяжести возможных последствий» [1].

Итак, исходя из различных трактовок терминов «опасность» и «риск», для их более объемного и точного определения, приуроченного к природным процессам, можно рассматривать понятие *природная опасность,* как вероятность проявления природных процессов в пространстве и времени с определенной магнитудой, *а риск,* как вероятность социального, экономического и экологического ущерба при проявлении определенной природной опасности.

Риск - это количественная мера опасности с учетом ее последствий, которые всегда приносят ущерб (социальный, экономический, экологический и т. д.). Чем больше ущерб, тем значительнее риск. При этом риск будет тем больше, чем больше вероятность проявления соответствующей опасности. Отсюда следует, что риск R может быть определен как произведение вероятности опасности P на магнитуду ожидаемых последствий (ущерба) Q:

$$R = P \cdot Q \,. \qquad [2]$$

Другими словами, риск – это сочетание последствий события (повреждения, разрушения) и вероятность его возникновения (вероятностная опасность).

Вероятность последствий или ожидаемых потерь (человеческие, материальные) зависит от природных или техногенных опасностей и уровня уязвимости [3].

Оценка риска включает обзор характеристик опасностей: место, интенсивность, частота, вероятность; анализ подверженности и уязвимости (по уровням физическим, социальным, экономическим, окружающей среды); а также оценку эффективности работы и потенциала служб в случае стихийного бедствия. Серии таких мероприятий еще известны как «*процесс анализа риска»* [4].

Итак, можно выразить риск следующим уравнением:

*Риск = Опасность *Уязвимость*Подверженность.*

Опасность = Вероятность события с определенной магнитудой.

Учитывается триггерный механизм, тип явления, магнитуда (объем, расстояние, скорость, продолжительность и.т.д.).

Уязвимость = уровень повреждений, разрушений.

Подверженность = определение количества элементов под риском (число людей, экономические потери).

Разные типы оценок риска требуют проведения анализа в различных временных (период повторяемости) и пространственных масштабах, например, в случае землетрясения или ураганов под воздействие попадает территория целого города, в то время как при паводках - лишь территории, прилегающие к реке.

Известно, что все природные явления взаимосвязаны. Например, землетрясения могут спровоцировать в горных районах активизацию оползней, которые в свою очередь могут вызвать запруды горных рек, следствием чего станут затопления территорий и сели. Такой процесс многие исследователи называют «*синергетическим или многоступенчатым»*. Торгоев И.А. и Алешин Ю.Г. определяют синергетические катастрофы как процесс, когда одно стихийное бедствие или опасное природное явление вызывает целую цепочку других бедствий (аварий) [5].

Число человеческих жертв, экономический и экологический ущерб, вызванный природными катастрофическими событиями, зависит не только от плотности населения, сосредоточенности объектов инфраструктуры и их уязвимости, но также от синергетических процессов, которые чаще называются как «каскадные эффекты». В настоящее время в области оценки риска природных бедствий этот термин является одним из ключевых. В одном из источников *«каскадный эффект»* (его еще называют *эффектом домина, триггерным эффектом*) объясняется как «серии неблагоприятных явлений, вызванных одним или несколькими источниками» [6].

Анализ риска выполняется обычно для различных типов отдельных опасностей в рассматриваемом регионе. Для каждого индекса магнитуды вероятного события статистически рассчитывается период повторяемости события. И так производится оценка риска, при наличии данных об уязвимости и подверженности в рассматриваемом регионе для отдельного определенного события (природного процесса) для каждой магнитуды с вероятностью повторяемости в определенный интервал времени. Затем на основе этих полученных данных по каждому типу природных процессов составляются карты рисков отдельных опасностей (землетрясения, оползни, сели и д.р.), которые сопоставляются друг с другом, и производится общая оценка риска для исследуемой территории.

Такой тип оценок опасности и риска называется *«оценка риска и опасности одного типа (single-type hazard risk assessment)»,* он рассматривает отдельные типы опасностей и рисков. При этом рассматривается пространственно-временная взаимосвязь [7].

Но очень редко предпринимается попытка произвести оценку риска кас-

кадных опасностей, происходящих почти одновременно, последовательно, которая будет учитывать параметры уязвимости региона, как они меняются при воздействии триггерной опасности и при дальнейшем воздействии последующих каскадных опасностей.

Например, в одном из европейских проектов MATRIX, который был инициирован не так давно и является одним из первых и единственных проектов, посвященных оценке так называемого мульти-риска, приводится определение и методика оценки такого риска:

«*Концепция мульти-риска* может быть определена, как ситуация риска, сочетающего многочисленные опасные (мульти-опасность) источники и многочисленные элементы уязвимости (мульти-уязвимость), совпадающие в пространстве и времени» [8].

Например, в рамках этих работ исследуется то, как меняется расчет риска для города Кёльн при разрушении защитных дамб реки, вызванном землетрясением (что повлечет за собой риск затопления).

Выводы. Итак, можно сделать вывод, что *оценка мульти-опасности* - это определение вероятности возникновения природных процессов различного типа либо в одно и то же время, либо следующих друг за другом в коротком промежутке времени, так как они зависят друг от друга и в то же время вызваны одним и тем же триггерным механизмом.

Отсюда *оценка мульти-риска* – это определение риска от нескольких опасностей, учитывая взаимосвязь возможных опасностей с уязвимостью. Здесь могут рассматриваться события во временном масштабе, происходящие в одно и то же время, последовательно (вызванные одним триггерным механизмом), либо с определенным промежутком времени, но в том и другом случае необходимо анализировать влияние на одни и те же элементы под риском (элементы уязвимости, подверженности). Подытоживая сказанное, можно сделать вывод, что при оценке мульти-риска существует прямая взаимосвязь между пространственным и временным масштабом.

Но в случае наложения временного масштаба на пространственный катастрофа иногда приводит к плачевным результатам. Одним из примеров таких трагичных каскадных событий служит землетрясение в Японии в 2011 году, которое стало триггерным механизмом каскадного эффекта

Землетрясение→ цунами (опасность).

Это, в свою очередь, привело к тяжелым последствиям и потерям:

→ человеческие потери, аварии на заводах и атомных станциях, разрушение инфраструктуры и жилья в населенных пунктах, разжижение грунтов, а также экологические последствия - загрязнение окружающей среды.

Для наглядного примера хода оценки мульти-риска можно задать следующие вопросы:

Были ли здания, объекты инфраструктуры повреждены при землетрясении, что привело к полному разрушению при цунами? Были ли здания, объекты инфраструктуры разрушены сразу после землетрясения? Были ли здания, объекты инфраструктуры разрушены, главным образом, цунами?

Для того, чтобы провести более точную оценку мульти-риска, необходимо учитывать все факторы риска: все возможные источники воздействия на элементы под риском, изменение параметров уязвимости элементов во времени по мере этого воздействия.

При более детальном обзоре принципов оценок рисков природных процессов появляются новые понятия и термины, которые необходимо охватить и унифицировать. Так, например, новое понятие об оценке мульти-опасностей и риска требует освоения всех ее компонентов и составляющих, оценка проводится очень сложными методами, требующими их четкого понимания для эффективного применения.

Опыт сторон, принимающих решения (агентства по управлению ЧС, городского планирования, органы власти), показывает, что необходима всесторонняя полная информация о регионе, включая оценку риска всех типов вероятных опасностей. Это требует междисциплинарного сотрудничества между учеными, которое будет нацелено на сопоставление риска всех существующих в регионе типов опасностей.

Литература

1. Ниязов Р.А.. Оползни Узбекистана. – Ташкент, Гидроингео, 2009. – С. 148.
2. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологический риск: учебное пособие. - СПб., СПГУ, 1999. - С. 9
3. (5) Applied multi-risk mapping of natural hazards for impact assessment (ARMONIA), FP6 project, Contract 511208: Deliverable 4.1.2 (Technical Glossary of a Multi Hazard Related Vulnerability and Risk Assessment Language – Final version, March 2007), and Deliverable 2.1 (Report on current availability and methodology for natural risk map production, June 2005).
4. (3) UN-ISDR: UN international strategy for disaster reduction, terminology section, 2009 http://www.unisdr.org/we/inform/terminology (visited 03.2013)
5. Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Коваленко Д.Н. Синергетические эффекты в сценариях разрушения урановых хвостохранилищ Майлуу-Суу//Оценка и управление природными рисками/Материалы всероссийской конференции «Риск - 2003». – Москва, Издательство РУДН, 2003. Т. Л. – С. 315-319.
6. New methodologies for multi-hazard and multi-risk assessment methods for Europe (Matrix), Contract number 265138, ENV.2010.6.1.3.4, January, 2012. – p. 8.
7. EUSBSR Flagship project 14.3, Task C - Macro-regional risk workshop 4-5 December Riga, Latvia, 2012 . – p. 302
8. A methodological approach for the definition of multi-risk maps at regional level: first application, Carpignano et al., Journal of Risk Research, 2009. – p. 514.

УДК.621.45.018.2: 669-427.4: 679.736.7

СТЕНД И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДИАГНОСТИКЕ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ ШАХТНЫХ (ЛИФТОВЫХ) ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Шамсутдинов М.М., (КРСУ, Бишкек)
Таштанбаева В.О. (КГТУ, Бишкек)

В статье рассматривается методика проведения исследования по диагностике стальных канатов шахтных (лифтовых) подъемных установок.

Диагностика стальных канатов шахтных (лифтовых) подъемных установок представляет собой комплекс программ, планов и мероприятий, направленный на безопасность работы шахтных (лифтовых) подъемных установок.

The article discusses the research methods for diagnosis of steel ropes mine lifting equipment.

Diagnosis of steel ropes mine lifting equipment is a set of programs, plans and activities aimed at the safety of the mine lifting equipment.

Диагностика стальных канатов в процессе их эксплуатации составляет основу для предупреждения возникновения аварийных ситуаций на шахтном (лифто-

вом) подъеме. Рабочие режимы подъемной установки предполагают три основных этапа – разгон, равномерные движения, торможение подъемного средства (клети, скипа, кабины лифта). Однако в процессе работы подъемной установки возможны различные аварийные режимы – это образование напуска каната при застревании подъемного средства в стволе шахты, перегруз каната при заклинивании движущегося средства вверх по стволу.

Предупреждение возникновения опасных для обрыва стального каната условий работы шахтной подъемной установки (ШПУ) во многом зависит от работы устройств контроля и защиты системы подъема от аварий.

Едиными правилами безопасности предусмотрено оснащение ШПУ системами контроля и защиты от аварий (§455 ЕПБ при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом. Причем пункт «б» предполагает защиту от провисания струны и напуска каната в стволе). Так в настоящее время ШПУ оснащены системами «Сигнал - 16», «Сигнал - 20», «АЗНК - 1», «АКНК», «АПИК – 2» и другими.

Известные системы обеспечивают контроль напуска каната до определенной глубины, но не контролируют перегруз его при заклинивании лифта в стволе шахты.

Контроль и защита подъемной установки от аварий остается одной из актуальных задач предупреждения возникновения аварий на ШПУ.

Нами предлагается стенд для исследования возможности применения ультразвука для оценки состояния (натяжения, порывов проволоки, коррозии и др.) стального каната в процессе его эксплуатации. Стенд (рис. 1) представляет собой основание, на опорах которого закреплены отрезки стальных канатов, причем один канат является эталонным $К_1$, а другой испытуемым $К_2$.

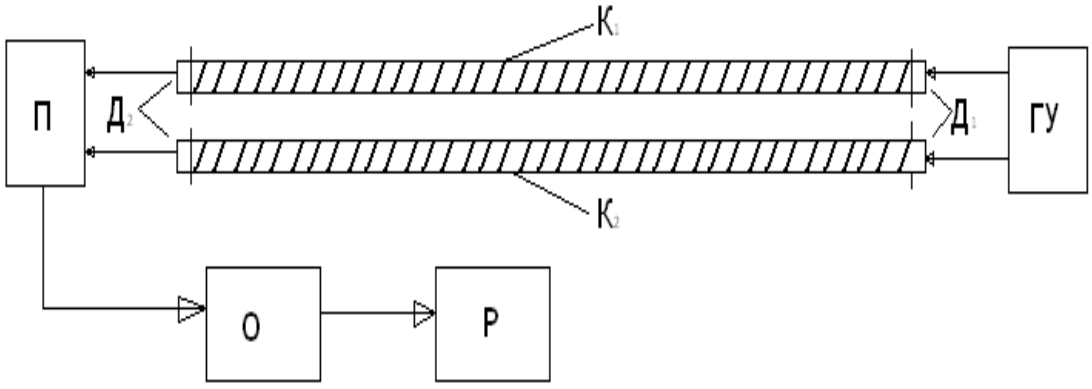


Рис.1. Блок-схема стенда для исследования состояния стального каната.

$К_1$ – эталонный образец каната;
$К_2$ – испытуемый образец каната;
ГУ – генератор ультразвуковых сигналов;
П – приемник сигналов;
О – осциллограф;
Р – регистратор сигналов с осциллографа.

В качестве генератора используется стандартный генератор низкой частоты «ГУ», выход которого соединен с пьезокерамическими датчиками «$Д_1$», установленными на торцах отрезков каната. Датчики «$Д_2$» принимают сигнал от генератора «ГУ». Он преобразуется (усиливается) и через двухлучевой осциллограф «О» регистрируется на цифровой фотоаппарат для последующего анализа результатов измерений.

Методика проведения экспериментальных исследований предполагает следующее:

Выбор стальных канатов, наиболее распространённых на подъемных установках барабанного типа и со шкивами трения (лифтов).

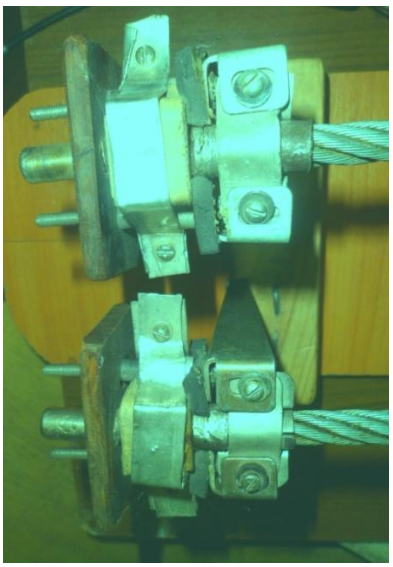
1. Подготовка торцов отрезков каната к креплению пьезодатчиков на стенде.
2. Настройка пьезодатчиков, генератора сигналов, осциллографа и регистратора для проведения исследований.
3. Проведение экспериментальных исследований по определению амплитуды, частоты и фазы сигнала при прохождении ультразвука по стальным канатам.
4. Обработка и анализ результатов исследований.

На рисунке 2. показан общий вид экспериментального стенда для проведения исследований. Разработанный стенд позволяет провести экспериментальные исследования по оценке изменения сечения стального каната в процессе эксплуатации, определить дефекты в месте крепления стального каната к прицепному устройству, разработать устройство непрерывного контроля за режимом работы и конструктивной целостности стальных канатов на подъемных установках барабанного типа и лифтов со шкивами трения.

Разработанный стенд позволяет провести экспериментальные исследования по оценке изменения сечения стального каната в процессе эксплуатации, определить дефекты в месте крепления стального каната к прицепному устройству, разработать устройство непрерывного контроля за режимом работы и конструктивной целостности стальных канатов на подъемных установках барабанного типа и лифтов со шкивами трения.



а) общий вид стенда



б) крепление пьезодатчика к торцу стального каната.

Рис.2. Стенд для диагностики стальных канатов

Литературы

1. Д.П. Волков, П.И. Чутчиков. Надежность лифтов и технология их ремонта. - М.: Стройатомиздат. 1985.
2. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом. Госгортехнадзор КР. Бишкек. 2000.

УДК 519.642.7

ОБ ОДНОЙ ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Исмаилов Б.И.
Институт автоматики и информационных технологий НАН КР,
Раматов К.С.
КГТУ им. И.Раззакова

В работе приведен пример подхода к исследованию напряженно-деформированного состояния анизотропных массивов горных пород. Получены конечные соотношения для основных формул, применяемых для численного решения геомеханических задач методом граничных элементов

In article the example of anisotropic rocks stress-deformed condition researchs approach is described. Final expressions for the basic formulas applied to the numerical decision of geomechanical problems by the boundary elements method are received.

В работах [6, 8, 9] установлено, что большинство горных пород обладает значительной упругой анизотропией при термодинамических условиях, соответствующих глубине их залегания. В связи с этим одной из глобальных геомеханических задач является исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) массивов горных пород, обладающих этим видом структурных особенностей.

Цель исследования. Получение развернутой формы основных соотношений ГЭ-моделирования для исследования анизотропных породных массивов.

Метод исследования. Для решения поставленной задачи используется метод граничных интегральных уравнений (ГИУ), который имеет альтернативное название метода граничных элементов (МГЭ).

Результаты исследований. В работе [7] приведен широкий обзор литературы по анизотропии упругих свойств веществ Земли при различных термодинамических условиях.

Для анизотропного массива основное граничное интегральное уравнение (ГИУ) имеет тот же вид, что и для изотропного, т.е. [10]

$$c_{ij}u_j(\xi)+\int_s P_{ij}(x,\xi)u_j(x)ds=\int_s U_{ij}(x,\xi)p_j(x)ds. \quad (1)$$

Здесь $P_{ij}(x,\xi)$ и $U_{ij}(x,\xi)$ - фундаментальные тензоры, получаемые из решения задачи Кельвина для анизотропного тела; $u_j(x)$ и $p_j(x)$ - граничные смещения и нагрузки. В случае произвольной анизотропии фундаментальный тензор U_{ij} может быть получен из известной зависимости

$$U_{ij}(x,\xi)=\frac{1}{8\pi^2 r}\oint_{|\rho|=1}K_{ij}^{-1}(\rho)ds, \quad (2)$$

в которой контурный интеграл берется по одиночной окружности, имеющей центр в точке ξ и лежащей в плоскости, перпендикулярной вектору $\vec{r}$, соединяющему точки x и ξ. При этом функция $K_{ij}^{-1}(\rho)$ представляет собой матрицу, обратную матрице характеристик:

$$K_{ij}^{-1}=c_{ijk\ell}\rho_k\rho_\ell,$$

где $c_{ijk\ell}$ - тензор упругих характеристик анизотропного тела. Контурный интеграл в (2) аналитически можно вычислить только для некоторых частных случаев. Он зависит только от направления вектора $\vec{r}$, поэтому является несингулярным и, следовательно, при его вычислении можно применить методы численного интегрирования.

Для большей эффективности численной реализации подобной процедуры предложено представление:

$$G_{ij}(\nu_1,\nu_2)=\oint_{|\rho|=1}K_{ij}^{-1}(\rho)ds. \qquad (3)$$

Здесь ν_1 и ν_2 определяют ориентацию вектора $\vec{r}$. Сравнивая (2) и (3), получим соотношение $U_{ij}=\dfrac{G_{ij}}{8\pi^2 r}$, из которого путем дифференцирования по координатам x можно определить второй тензор P_{ij}.

Для случая транстропных материалов фундаментальное решение можно получить в замкнутом виде [2]. Закон Гука для ортотропного упругого материала в общем виде записывается следующим образом [5]:

$$e_{11}=s_{11}\sigma_{11}+s_{12}\sigma_{22}+s_{13}\sigma_{33}, \qquad (4)$$

или

$$e_{22}=s_{21}\sigma_{11}+s_{22}\sigma_{22}+s_{23}\sigma_{33},\quad e_{33}=s_{31}\sigma_{11}+s_{32}\sigma_{22}+s_{33}\sigma_{33},$$
$$e_{23}=\frac{1}{2}s_{44}\sigma_{23},\quad e_{13}=\frac{1}{2}s_{55}\sigma_{13},\quad e_{12}=\frac{1}{2}s_{66}\sigma_{12},$$

где индексы 1, 2, 3 соответствуют индексам x, y, z.

Соотношения между коэффициентами $s_{ij}=s_{ji}$ и техническими постоянными устанавливаются сравнением формул (3) и (4). Поскольку условие $s_{ij}=s_{ji}$ требует, чтобы $\dfrac{\nu_{ij}}{E_j}=\dfrac{\nu_{ji}}{E_i}$ (здесь суммирование по j не производится), то для ортотропного материала можно задать лишь девять упругих характеристик. Чтобы функция упругой энергии была положительно определенной, необходимо ввести следующие ограничения на упругие постоянные [3]:

$$E_1>0,\quad E_2>0,\quad E_3>0,\quad G_{12}>0,\quad G_{23}>0,\quad G_{13}>0,$$
$$1-\nu_{12}\nu_{21}>0,\quad 1-\nu_{23}\nu_{32}>0,\quad 1-\nu_{13}\nu_{31}>0,$$
$$1-\nu_{12}\nu_{21}-\nu_{13}\nu_{31}-\nu_{23}\nu_{32}-2\nu_{12}\nu_{23}\nu_{31}>0,$$

которые оказываются полезными при проверке пригодности значений упругих постоянных, найденных как экспериментально, так и полученных в результате вычислений. Они гарантируют также, что все вычисленные напряжения, деформации и все подкоренные выражения в функциях податливости являются действительными числами.

Если наложить на упругие параметры условия упругой симметрии по отношению к повороту, например, $E_1=E_3,\ G_{12}=G_{23}$, то выражения (4) будут связывать компоненты напряжений и деформаций в транстропном материале.

Таким образом, транстропное тело можно полностью задать при помощи пяти упругих параметров (например, $E_1,E_2,G_{12},\nu_{13},\nu_{12}$). Состояние плоской деформации для плоскости x, y определяется условиями $e_{33}=e_{13}=e_{23}=0$. В этом случае из (4) находим, что

$$\sigma_{13}=0,\quad \sigma_{23}=0,\quad \sigma_{33}=-\left(s_{13}\sigma_{11}+s_{23}\sigma_{22}\right)/s_{33},$$
$$e_{11}=\left(s_{11}-\frac{s_{13}^2}{s_{33}}\right)\sigma_{11}+\left(s_{12}-\frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}}\right)\sigma_{22},$$
$$e_{22}=\left(s_{12}-\frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}}\right)\sigma_{11}+\left(s_{22}-\frac{s_{23}^2}{s_{33}}\right)\sigma_{22},\quad e_{12}=\frac{1}{2}s_{66}\sigma_{12}.$$

Отсюда

$$\sigma_{11} = c_{11}e_{11} + c_{12}e_{22}, \quad \sigma_{22} = c_{12}e_{11} + c_{22}e_{22}, \quad \sigma_{12} = 2c_{66}e_{12}, \tag{4}$$

где $c_{11} = \left(s_{22} - \frac{s_{23}^2}{s_{33}}\right)\Big/ s_0^2$, $c_{12} = -\left(s_{12} - \frac{s_{13}s_{23}}{s_{33}}\right)\Big/ s_0^2$, $c_{22} = \left(s_{11} - \frac{s_{13}^2}{s_{33}}\right)\Big/ s_0^2$, $c_{66} = \frac{1}{s_{66}}$,

$s_0^2 = s_{11}s_{22} - s_{12}^2 + \left(2s_{12}s_{13}s_{23} - s_{11}s_{23}^2 - s_{22}s_{13}^2\right)/s_{33}$.

Решение задачи о сосредоточенной силе в ортотропной упругой среде можно представить в виде

$$U_1^1 = k\left(\frac{\gamma_1}{q_1}\ln r_1 - \frac{\gamma_2}{q_2}\ln r_2\right), \qquad U_2^1 = k\left(-\operatorname{arctg}\frac{y_1}{x} + \operatorname{arctg}\frac{y_2}{x}\right),$$

$$U_1^2 = k\left(-\operatorname{arctg}\frac{y_1}{x} + \operatorname{arctg}\frac{y_2}{x}\right), \qquad U_2^2 = -k\left(\frac{q_1}{\gamma_1}\ln r_1 - \frac{q_2}{\gamma_2}\ln r_2\right),$$

$$\sigma_{12}^1 = kc_{66}\left(\frac{1-q_1}{q_1}\frac{y_1}{r_1^2} - \frac{1-q_2}{q_2}\frac{y_2}{r_2^2}\right), \qquad \sigma_{11}^1 = kc_{66}\left(\frac{1+q_1}{\gamma_1 q_1}\frac{x}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2 q_2}\frac{x}{r_2^2}\right),$$

$$\sigma_{22}^1 = kc_{66}\left(-\frac{\gamma_1(1+q_1)}{q_1}\frac{x}{r_1^2} + \frac{\gamma_2(1+q_2)}{q_2}\frac{x}{r_2^2}\right), \quad \sigma_{12}^2 = kc_{66}\left(\frac{1+q_1}{\gamma_1}\frac{x}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2}\frac{x}{r_2^2}\right), \tag{5}$$

$$\sigma_{11}^2 = kc_{66}\left(\frac{1+q_1}{\gamma_1^2}\frac{y_1}{r_1^2} - \frac{1+q_2}{\gamma_2^2}\frac{y_2}{r_2^2}\right), \qquad \sigma_{22}^2 = -kc_{66}\left((1+q_1)\frac{y_1}{r_1^2} - (1+q_2)\frac{y_2}{r_2^2}\right),$$

где $k = \frac{1}{2\pi c_{66}(q_1 - q_2)}$, $y_i = \frac{y}{\gamma_i}$, $r_i^2 = x^2 + y_i^2$; величины γ_i и q_i определяются через упругие постоянные материала; постоянные γ_1^2 и q_2^2 являются корнями квадратного уравнения

$$c_{11}c_{66}\gamma^4 + \left[c_{12}(c_{12} + 2c_{66}) - c_{11}c_{22}\right]\gamma^2 + c_{66}c_{22} = 0; \tag{6}$$

постоянные q_i связаны с γ_i^2 соотношениями $q_i = \frac{\left(c_{11}\gamma_i^2 - c_{66}\right)}{(c_{12} + c_{66})}$. При этом зависимости (5) записаны из соображений, что оба корня γ_1 и γ_2 вещественны и положительны.

Согласно [1] для анизотропного тела функция Эри определяется из уравнения

$$s_{22}\frac{\partial^4 U}{\partial x^4} - 2s_{26}\frac{\partial^4 U}{\partial x^3 \partial y} + (2s_{12} + s_{66})\frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} - 2s_{16}\frac{\partial^4 U}{\partial x \partial y^3} + s_{11}\frac{\partial^4 U}{\partial y^4} = 0,$$

а характеристическое уравнение имеет вид

$$s_{11}\mu^4 - 2s_{16}\mu^3 + (2s_{12} + s_{66})\mu^2 - 2s_{26}\mu + s_{22} = 0. \tag{7}$$

Подставляя эти значения в уравнение (7) для осей, повернутых так, чтобы было $s_{16} = s_{61} = 0$, получим

$$c_{22}s_0^2\mu^4 + \left(-2c_{12}s_0^2 + \frac{1}{c_{66}}\right)\mu^2 + c_{11}s_0^2 = 0$$

или

$$c_{22}c_{66}\mu^4 - \left(-c_{12}(c_{12} + 2c_{66}) - c_{11}c_{22}\right)\mu^2 + c_{11}c_{66} = 0. \tag{8}$$

Из сравнения (3.41) с (3.39) следует, что $\gamma_i^2 = -\frac{1}{\mu_i^2}$, $\gamma_i = \frac{i}{\mu_i}$. В работе [9] показано, что для горных пород $\mu_1 = i$, $\mu_2 = i\sqrt{P}$ и, следовательно, $\gamma_1 = 1$, $\gamma_2 = \frac{1}{\sqrt{E_1/E_2}}$. Здесь $P = E_1/E_2$ - параметр, характеризующий связь сдвигового модуля с другими информационными характеристиками. В случае, когда $\gamma_1 = \gamma_2 = 1$, предельный переход в формулах (5) позволяет получить соотношения для изотропного материала, причем

$$c_{11} = c_{22} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad c_{66} = G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad c_{12} = c_{21} = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}.$$

Поскольку предельный переход в выражениях (5) соответствует вычислению предела

$$f = \lim \frac{F_1 - F_2}{q_1 - q_2}, \tag{9}$$

то последний заменяется производной $f = \frac{\partial F}{\partial q}$. При проведении вычислений учтем, что

$$\gamma = 1, \quad q = 1, \quad \gamma_{,q} = \frac{1}{4(1-\nu)}, \quad y_{,q} = -y\gamma_{,q}. \tag{10}$$

После некоторых выкладок с учетом (9) и (10) из формул (5) получим

$$U_1^1 = \frac{1}{2\pi c_{66}}\left[\ln\sqrt{x^2+y^2}\left(\frac{\gamma_{,q}}{q} - \frac{\gamma}{q}\right) + \frac{\gamma}{q}\frac{yy_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)}\right] = -\frac{1}{8\pi G(1-\nu)}\left[(3-4\nu)\ln r - \frac{x^2}{r^2} + 1\right],$$

$$U_1^2 = \frac{1}{2\pi c_{66}}\left(-\frac{x^2}{x^2+y^2}\frac{y_{,q}}{x}\right) = \frac{1}{8\pi(1-\nu)}\frac{xy}{r^2}, \quad U_2^1 = -\frac{1}{2\pi c_{66}}\left(\frac{x^2}{x^2+y^2}\frac{y_{,q}}{x}\right) = \frac{1}{8\pi(1-\nu)}\frac{xy}{r^2},$$

$$U_2^2 = -\frac{1}{2\pi c_{66}}\left[\ln\sqrt{x^2+y^2}\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{q\gamma_{,q}}{\gamma^2}\right) + \frac{q}{\gamma}\frac{yy_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)}\right] = -\frac{1}{8\pi G(1-\nu)}\left[(3-4\nu)\ln r - \frac{y^2}{r}\right],$$

$$\sigma_{11}^1 = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{x}{x^2+y^2}\frac{\gamma q - (1+q)\left(q\gamma_{,q} + \gamma\right)}{\gamma^2 q^2} - \frac{1+q}{\gamma q}\frac{x2yy_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)}\left[2(1-\nu)\frac{x}{r^2} + \frac{x\left(x^2-y^2\right)}{r^4}\right],$$

$$\sigma_{11}^2 = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{x}{x^2+y^2}\frac{\gamma^2 - (1+q)2\gamma\gamma_{,q}}{\gamma^4} + \frac{1+q}{\gamma^2}\frac{\left(x^2+y^2\right)y_{,q} - 2y^2y_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)}\left[2\nu\frac{y}{r^2} + \frac{y\left(x^2-y^2\right)}{r^4}\right],$$

$$\sigma_{22}^1 = -\frac{1}{2\pi}\left[\frac{x}{x^2+y^2}\frac{q\left((1+q)\gamma_{,q} + \gamma\right) - \gamma(1+q)}{q^2} - \frac{\gamma(1+q)}{\gamma^2}\frac{2xyy_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)}\left[2\nu\frac{x}{r^2} + \frac{x\left(x^2-y^2\right)}{r^4}\right],$$

$$\sigma_{22}^2 = -\frac{1}{2\pi}\left[\frac{y}{x^2+y^2} + (1+q)\frac{\left(x^2+y^2\right)y_{,q}y2yy_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right] = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)}\left[2(1-\nu)\frac{y}{r^2} - \frac{y\left(x^2-y^2\right)}{r^4}\right],$$

$$\sigma_{12}^1 = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{y}{x^2+y^2}\frac{q-(1+q)}{q^2} + \frac{1+q}{q}\frac{\left(x^2+y^2\right)y_{,q} - 2y^2y_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right] = \frac{1}{2\pi(1-\nu)}\left[-(1-2\nu)\frac{y}{r^2} - \frac{2yx^2}{r^4}\right],$$

$$\sigma_{12}^2 = -\frac{1}{2\pi}\left[\frac{x}{x^2+y^2}\frac{\gamma-(1+q)y_{,q}}{\gamma^2}+\frac{1+q}{q}\frac{(-2xy)y_{,q}-2y^2y_{,q}}{\left(x^2+y^2\right)^2}\right]= \\ =-\frac{1}{2\pi(1-\nu)}\left[(1-2\nu)\frac{x}{r^2}+\frac{2xy^2}{r^4}\right]. \qquad (11)$$

Следует отметить, что выражения (11) полностью совпадают с соответствующими выражениями ядер для изотропных тел в условиях плоской деформации. Поэтому, так как они получены из (5) с помощью предельного перехода, можно заключить, что анизотропные ядра представлены верно. С учетом этого нетрудно получить выражения для фундаментальных тензоров U_{ij} и P_{ij}, входящих в уравнение (1). Все вычислительные приемы, разработанные для изотропной среды, справедливы и для анизотропной. Отличие состоит лишь в фундаментальных тензорах.

Выводы. На основе анализа структурных особенностей массивов горных пород показано применение ГЭ-моделирования для решения задачи об определении НДС массивов, а также получены соотношения для учета их анизотропных свойств. Особенностью предложенного подхода является то, что для исследования анизотропных массивов используются известные подходы для изотропных массивов с разницей в форме представления интегральных ядер.

Литература

1. Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, 1975.
2. Кожахметов К.Х. .Кравченко 0.Ф., Нурмамбетова Р.Д. О граничных интегральных уравнениях анизотропного тела. // Аналитические и численные методы решения задач математики и механики. - Алма-Ата: Наука, 1984.
3. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. - М.: Мир,1987.
4. Тентиев Ж.Т., Кожахметов К.Х., Жумуков С.Ж., Мекенбаев Б.Т. Моделирование слоистой конструкции анизотропными слоями эквивалентной однородной средой с эффективными упругими характеристиками // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, №3, 1997.
5. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. - М.: Наука, 1977. - 416 с.
6. Тархов А.Г. К вопросу об анизотропии упругих свойств в горных породах // Материалы ВСЕГЕИ. Общ.сер.1940, №5, с. 87-96.
7. Чесноков Е.М. Сейсмическая анизотропия верхней мантии Земли. - М.:Наука,1977, - 144 с.
8. Руппенейт К.В. Механические свойства горных пород. – М.: Углетехиздат, 1954.
9. Ержанов Ж.С., Синяев А.Я. Напряжения в анизотропном массиве, ослабленном вертикальной выработкой круглого сечения // Вестник АН Каз.ССР, 1968, №10.
10. Раматов К.С. О возможностях метода граничных элементов при моделировании континуальных систем // Вестник Кыргызского отделения международной академии энергетики им. А.Эйнштейна, № 2(6), Бишкек, 2007, с. 100-104.

ИННОВАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

УДК:519.766.23:771.537.644:378.141

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ И-ВУЗА

Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т.
КГТУ им. И. Раззакова

Вторая статья в предлагаемом авторами цикле статей, посвященном компьютерно-ориентированным принципам моделирования инновационного ВУЗа. В работе изложена математическая основа формирования системы знаний, дополняющая и развивающая модель управления ВУЗа.

Результатом бизнес-инжинирингового моделирования является совокупность моделей организационной среды инновационного вуза (И-ВУЗа), сопровождаемых спецификациями элементов этих моделей системой знаний, регламентирующих документов и прочих информационных ресурсов. В настоящем исследовании понятие *система знаний, а точнее ее ресурсная часть,* соотносится с ее реализациями, выраженными понятием *спецификация или спецификатор знаний.* При этом *спецификатор знаний* существует не сам по себе, а в обязательном порядке *связан с тем или иным классификатором* или его элементом, составляющими семантически окрашенный остов моделирования.

Ресурсная часть системы знаний включает, как правило, руководства, оформленные в виде регламентов, шаблоны документов, новости, информацию о заказчиках ОУ, сведения о конкурентной среде (РОУ) и образовательных технологиях, опыт организационного управления и др. Обязательной составляющей этого базиса является унифицированный, построенный по определенным законам семантики, понятийный базис, формирующий отношения и закономерности предметной области. и др.

Концепция предлагаемого в работе бизнес-моделирования И-ВУЗа и АИСУ ВУЗа в корне отличается от парадигмы моделирования традиционного вуза и, тем более, от моделирования соответствующих АИСУ, построенных на удовлетворении потребностей в автоматизации структурно-функциональной организационной структуры управления. *Структурная составляющая моделирования традиционного вуза* ориентировалась на его организационную структуру, предполагающую функциональный принцип административного управления, т.е. управления организационными звеньями, выполняющими жестко предписанные им функции, с доминированием обязанностей над правовой компонентой функционирования подразделений.

Предлагаемая концепция моделирования и последующее воплощение этих моделей в реальность, в соответствии с планами стратегического развития И-ВУЗа, предполагает *процессный подход к управлению образовательными и сопровождающими процессам*и, системное видение и тесную связь с внешней средой в лице государства, социальных институтов, бизнеса и РОУ.

Ниже, для сопоставления систем моделирования традиционного (рис.1) и И-ВУЗа (рис.2) приведены примерные схемы, моделирующие их структурные составляющие.

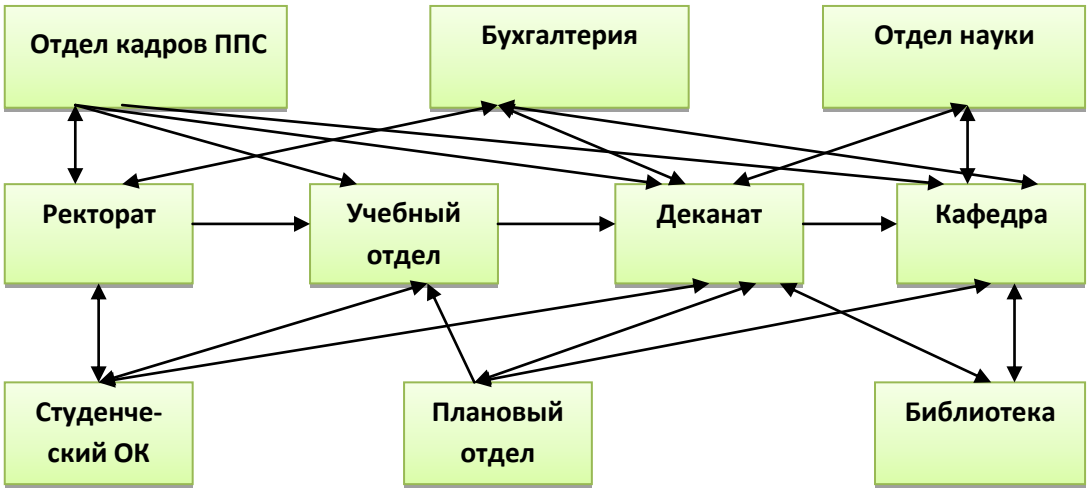


Рис.1. Объекты моделирования традиционного вуза и соответствующих им АИСУ.

Интегрирующей основой для разработки АИСУ традиционного вуза служила глобальная модель данных, с выделением ее подмоделей, являющихся информационным базисом автоматизации деятельности отдельных подразделений. А АИСУ подразделений вуза создавались как отдельные изолированные системы автоматизации.



Рис.2. Объекты моделирования И-ВУЗа и соответствующих им АИСУ.

Из рис.2. следует , что изначально процессное моделирование И-ВУЗа никак не связано с организационными звеньями вуза. Моделируются лишь аспекты деятельности, характеризуемые так называемыми классификаторами, по сути представляющими выделенные точки зрения на модель И-ВУЗа. Именно это отличает процессное видение бизнес-деятельности организации от функционально-ориентированного. Связь деловых процессов с орг. звеньями – вопрос вторичного порядка. Успешность функционирования И-ВУЗа зависит от правильно-

го выбора организационной структуры и концепции управления бизнес-процессами в рамках этой структуры. Что касается моделирования современных АИСУ интегрированного типа, то интегрирующим началом здесь также может служить специальным образом организованная глобальная модель данных и предметно- ориентированная модель представления и обработки знаний.

Математический (теоретико-множественный) образ модели И-ВУЗа может быть представлен следующим семейством множеств:

$\boldsymbol{S}$ = <S_{FE} , S_{MI}, S_{BD} , S_{SD} , S_{SO} , S_{BP} , S_{OC} , S_{FS} , S_{IS} , S_{OA} , , ... , $\{R_{IJ}\}$: $i, j \in IND$, *IND= «словарь идентификаторов ID семейства моделей И-ВУЗа»>,* (1)

в виде математических конструкций, отражающих как структурный, так и семантический аспект моделей И-ВУЗа,

где S_{FE} –модель внешней среды;

S_{MI} – модель миссии вуза;

S_{BD} – модель бизнес-направлений (продуктовый портфель);

S_{SD} – модель стратегического развития;

S_{SO} – модель стратегических целей;

S_{BP} – семейство моделей бизнес-процессов; S_{BP} = < S_B, S_S, S_M>, здесь

S_B, - модель основных (образовательных) бизнес-процессов

S_S, - модель сопровождающих процессов

S_M – модель управления S_M <M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6> с моделми управления M_1 – *стратегией развития;* M_2 *– финансами;* M_3 *– РОУ;* M_4 *- образовательными процессами;* M_5 *– персоналом*; M_6 *– знаниями;*

S_{OC} – модель организационной структуры;

S_{FS} – модель финансовой структуры;

S_{IS} – семейство моделей информационной системы и пространства знаний.;

S_{OA} – модель объектов (результатов бизнес-деятельности И-ВУЗа);

S_{RES} – семейство моделей, описывающих ресурсную часть И-ВУЗа. S_{RES} = < S_{EM} , S_F , S_{Inf} , ...>

Наделим каждую систему из (1) $S_i \in \boldsymbol{S}$, как отношение, некоторой дополнительной структурой, задав ее непосредственно на самих объектах системы, тогда каждая система S_i может быть представлена парой деревьев <V_i, G_i> и переписана следующим образом

S = <{(G_i, H_i)}, R_{ij} : i , $j \in I$, $i \neq j$ }>, (2)

где *Gi и Hi* изоморфны и функционально связаны так , что

$f: G_i \rightarrow H_i$. (3)

Обоснование представления системы парой изоморфных графов приведено в статье [1] настоящего сборника.

В общем случае над каждым упорядоченным (размеченным) графом *Gi* или *Hi* может быть определена *специальная алгебра (псевдоалгебра)* < *G*, Ω > с сигнатурой операций Ω, где элементами алгебры являются алгоритмические процедуры

1) при конструировании и реконструировании дерева

Ω = {*вставка нового элемента* v_j *в определённую позицию дерева* V_i*; вставка поддерева* V'_{ij}*; добавление ветви дерева* v_j, v_{j+1}, ... ; *удаление ветви дерева* v_j, v_{j+1}, ...; *удаление поддерева* V'_{ij}*; удаление элемента* v_j*}*,

2) а при оперировании с деревьями

Ω = {*нахождение корневого элемента* v_0 *для любого узла* v_i*; нахождение наименьшего общего предка двух вершин; навигация или перебор всех элементов дерева; навигация по элементам ветви дерева; поиск изоморфного поддерева* V'_{ij} *поддереву* G'_{ij}*; поиск элемента* v_i*; визуализация дерева* V_i*}.*

Примечание. Утверждение о том, что над упорядоченными (размеченными) графами *Gi или Hi* с сигнатурой операций Ω определена *псевдоалгебра* < *G*, Ω >, а не классическая абстрактная алгебра, основано на том факте, что множество

операций над элементами графа реализуется алгоритмическим путем, а не совокупностью операций, рассматриваемых в абстрактной алгебре.

Отношение R_{ij} в (2) представленное следующим формализмом

$$R_{ij} \subset \times(G_i , G_j): i, j \in I \,\&\, i \neq j, \quad (4)$$

где I словарь идентификаторов классификаторов, отражает факт существования связи между классификаторами и/или их элементами и выступает в качестве конструктора такой связи. Отмеченная связь представляется матрицами смежности, инцидентности или списком ребер.

Дополним модель И-ВУЗа семейством отношений $\Re = \{R_i : i \in I\}$,

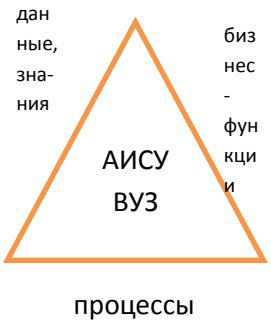
где каждое из отношений R_i может быть представлено выражением

$$R \subset D_i \times Kn_j: i \in I_{Di}, j \in J_{Kn} \,\&\, I_{Di} \cap J_{Knj} = \varnothing, \quad (5)$$

устанавливающим связь между структурами классификационных деревьев D_i и ресурсной частью пространства знаний Kn_j . Здесь J_{Kn} – множество классов *спецификаторов знаний* ресурсной части пространства знаний. Не останавливаясь на описании семейства $\Re$, что будет подробно изложено в следующей публикаци, отметим, что все отношения (5) устанавливают связь между элементами классификаторов и классами знаний в форме инъективных *(«многие – к одному»*), суръективных *(«один–ко многим»)* и биективных отображений *(«один – к одному»*).

Отметим, что *пространство знаний* определяет информационную основу функционирования вуза в целом, знание о том, как должно функционировать каждое подразделений вуза и каждый его сотрудник, какими знаниями он должен руководствоваться на всех уровнях бизнес-деятельности и информационного управления. **Именно для этого и создается модель И-ВУЗа**. Семейство отношений $\Re$ составляет то ядро, которое позволит *управлять информационным пространством и пространством знаний.*

АИСУ ВУЗ – это динамически развивающаяся система со всеми компонентами, присущими динамическим системам: временными характеристиками, входными и выходными объектами, пространством состояний, реакциями на входные воздействия и функциями управления. Однако, информационная система в корне отличается от технических (кибернетических) систем, являясь, по сути, системой, формирующей пространство принятия управленческих решений. В силу этого уточним некоторые ее понятия, предметно интерпретируя теоремы, изложенные в работе «Теория общих систем. Математические основы» [2].



В предыдущей статье [1] мы определили систему как отношение

$S \subset X \times Y$. Однако для динамического представления системы необходимо еще ввести *понятие состояния*, в котором пребывает система S. Для этих целей воспользуемся теоремой 1.1, изложенной в работе [2].

Теорема 1. Каждой системе S соответствует некоторая глобальная реакция, и эта функция R не является частичной, т.е.

$$\boldsymbol{R}: C \times X \to Y . \quad (6)$$

Доказательство теоремы обуславливает правомочность введения пространства состояний в виде индексирующего множества C на основе условия $R(c,x) = f_c(x)$, где $f_c \subseteq S$, так что $S = \{(x, y): (\exists c)(y = R(c, x))\}$ *и* $c \in C$.

В нашем случае в качестве пространства состояний C удобно ввести множество идентификаторов, определенных на графе $G(V,E)$, где каждое его состояние соответствует идентификатору,

помечающему узлы этого графа, т.е. $(\forall v)\ (\exists c)\ [v \in V\ \&\ c \in C\ \&\ c = v]$.

Временные системы. Пусть для некоторого классификатора [1], заданного размеченным деревом $G(V,E)$ определена разметка такая, что допускает реализацию алгоритма упорядоченного обхода всех его узлов. Тогда переход от предыдущего узла к последующему и далее может быть соотнесен с некоторым порядком, свойственным дискретным отсчетам времени, заданным на фиксированном множестве T. Иными словами, если узлы графа $G(V,E)$ или графа $H(V,E)$ рассматривать как функции его разметки и имеет место отображение $v: T_v \to A_v$, где $T_v \in T$, $A_v \in A$, то в этом случае T будем называть *индексирующим множеством*, а A – алфавитом множества идентификаторов. В силу того, что множество T упорядочено, его можно интерпретировать как *множество моментов времени*, а графы $G(V,E)$ и $H(V,E)$ - *как временные объекты.*

Напомним, что узлы графа $G(V,E)$ классификатора содержат наборы произвольных идентификаторов, устанавливающих соответствие $F_I: G \to H$ между узлами графов $G(V,E)$ и $H(V,E)$, где $H(V,E)$ – семантически окрашенный граф, изоморфный графу $G(V,E)$. Аналогичным образом, графу $G(V,E)$ можно поставить в соответствие $F_{II}: G \to Kw$ изоморфный ему граф $Kw(V,E)$, каждый узел которого связан с именованным спецификатором, представляющим некоторый компонент (или множество) знаний.

В силу того, что графы $G(V,E)$ и $H(V,E)$ изоморфны, т.е. имеют одну и ту же разметку, то мы приходим к понятию *временной системы* S, связывающей отношением S входные X и выходные Y объекты: $X \subseteq A^T$ и $Y \subseteq B^T$:

$$S \subseteq A^T \times B^T \qquad (7)$$

и, как следует из контекста изложения, не обязательно связанные с эволюцией в реальном времени [2], где A – (как упоминалось ранее) алфавит, представленный множеством идентификаторов, B – словарь понятий и словоформ предметной области, формирующих семантику специфицирующих деревьев модели И-ВУЗа, T - навигационная составляющая на упорядоченных множествах разметки изоморфных графов.

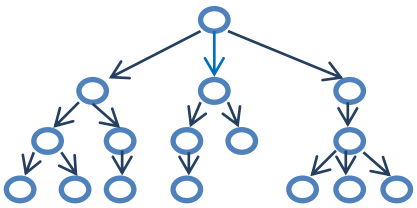
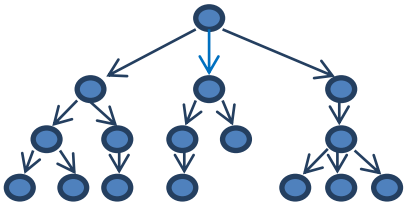
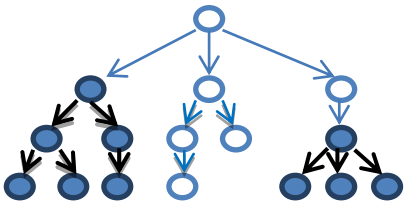
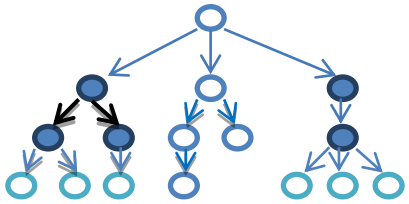
Временные системы и их динамические представления. Динамическое поведение системы S соотнесем с алгоритмами 1) визуализации классификационных деревьев; 2) навигации (доступом к отдельным поддеревьям и узлам); 3) поиска на лесе семантически окрашенных деревьев и 4) спецификации классификационных деревьев компонентами знаний (данных).

Общей временной системой S над множествами X (входом), Y (выходом) назовем отношение $S \subset X \times Y$, где X и Y – временные объекты с элементами $x: T \to A$ и $y: T \to B$, обозначаемыми $x(t)$ и $y(t)$. Здесь входной объект X будем интерпретировать как упорядоченное множество идентификаторов классификационного дерева G с элементами $x(t)$, соотносимыми с его узлами v, а выходной объект Y с деревьями H – семантически окрашенным деревом классификатора или Kw – деревом спецификаторов знаний и их узлами $y(t)$.

Чтобы как-то определиться, с каким набором элементов (узлов деревьев) связывается то или иное представление временной, а далее и динамической системы, введем следующие соглашения, согласно которым для любых t, $t' > t$,будем считать, что

$T_t = \{t': t' \geq t\}$ $T^t = \{t': t' < t\}$ $T_{tt'} = \{t^*: t \leq t^* < t'\}$.

Тогда сужения (выделения фрагментов) временной системы на отмеченных выше деревьях G, H и Kw определятся так, как приведено в следующей таблице

T		Исходное дерево $G(V,E)$ $S \subset X \times Y,\ S \subseteq A^T \times B^T$ $v : T_v \to A_v$, где $T_v \in T, A_v \in A$
T_0		Полное активное дерево $G(V,E)$ $X_0 = x\|T;$; $S_0=\{(x,y)$: $x \in X,\ y \in Y\ \&\ (x,y)\} \in S$ $S = \{(x, y): (\exists c)(y = R(c, x))\}$
T_t		Поддеревья $G_i(V,E) \subset G(V,E)$ $X_t = x\|T_t;$ $S_t = \{(x_t,y_t)$: $x_t = x\|T_t\ \&\ y_t = y\|T_t\ \&\ (x,y)\} \in S$ $S_t = \{(x_t, y_t)$: $(\exists c_t)\ (y_t = R(c_0, x_t))\}$
$T_{tt'}$		Поддеревья с обрезкой $X_{t\,t'} = x\|T_{tt'};$ $S_{tt'} = \{(x_{tt'},y_{tt'})$: $x_{tt'} = x\|T_{tt'}\ \&\ y_{tt'} = y\|T_{tt'}\ \&$ $(x,y)\} \in S$ $S_t = \{(x_t, y_t)$: $(\exists c_t)\ (y_t = R(c_0, x_t))\}$

И, наконец, определимся с динамическим представлением системы S, а следовательно, и динамическим представлением граф-деревьев G, H, Kw, введя следующие предложения.

Предложение 1. Для каждой временной системы существует *семейство реакций* ρ, обеспечивающих ее алгоритмическую разрешимость:

$$\rho = \{ \rho_t: C_t \times X_t \to Y_t \ \ \& t \in T \}, \quad (8)$$

и это семейство отвечает условию принадлежности (согласованности) системе S в момент времени t, когда $(x_t, y_t) \in S_t \Leftrightarrow (\exists c)\ [\rho_t (c, x_t) = y_t\ ]$

Предложение 2. Временная система $S \subset X \times Y$ допускает динамическое представление, когда найдутся два таких семейства отображений, что

$\rho = \{ \rho_t: C_t \times X_t \to Y_t \ \ \& t \in T \}$ и

$$\varphi = \{ \varphi_{tt'} : C_t \times X_{tt'} \to C_{t'} \ \ \& \ t,t' \in T \ \ \& \ t' > t \} \quad (9)$$

Функция $\varphi_{tt'}$ называется *функцией перехода состояний*: $\varphi_{tt'}(c_t \times x_{tt'}) = c_{t'}$, а φ - *семейством функций перехода состояний*.

Реализации или специализация приведенных отображений (4) зависят от принимаемых системой S сужений. Эти реализации будут вводиться по мере обращения к тому или иному формализованному объекту, заданному в виде классификатора, спецификатора, идентификатора или их подмножеств.

В заключение еще раз отметим, что в компьютерной среде :

1) в качестве входного объекта X принимается множество понятий или их сочетаний, помечающие узлы семантически окрашенного дерева классификаторов $H(V,E)$;

2) в качестве выходного объекта *Y* – множество спецификаторов знаний, в общем случае наделенных некоторой структурой *Kw(V,E)*;
3) в качестве пространства состояний *C* – множество идентификаторов, помечающие узлы идентифицирующего дерева *G(V,E)* ;
4) в качестве индексирующего множества *T* – разметка его дуг, обеспечивающая линейный порядок обхода графа;
5) ρ и φ - семейства алгоритмов, обеспечивающих отображения входных объектов *X* в выходные *Y*, и семейства функций, характеризующих порядок обхода управляющего графа *G(V,E)* соответственно.

Литература

1. Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т. Системные основания моделирования жизнедеятельности современного ВУЗа, Публикация в этом же сборнике, 2013 г.
2. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы.- Перев. с англ. Под редакцией акад. Емельянова С.В., Инд-во «Мир», 1978 г., 311 с.

УДК:519.766.23:005.94.378.141

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т.
КГТУ им. И. Раззакова

Краткая аннотация. В третьей, заключительной статье из цикла компьютерно-ориентированных принципов моделирования инновационного ВУЗа описана современная точка зрения на информационный менеджмент и управление знаниями. В основу управления знаниями положена теория семантических сетей.

Современная парадигма *управления* информационными системами и системами управления знаниями (СУЗ) включает компоненты:

- сбора и накопления (ввод данных и знаний),
- хранение,
- преобразование,
- передача данных и знаний по требованию в нужное время и место,
- фрагментирование под задачи анализа и принятия решений,
- навигацию и поиск,
- документирование.

Среди перечисленных компонент СУЗ критичной и наименее исследованной является система навигации и поиска знаний, соотносимых с каждым классификатором уровня бизнес-модели И-ВУЗа, поскольку эта система должна обеспечить доступ не только к одной из перечисленных выше программных систем и технологий, но и к нужному, конкретному разделу знаний. Среди небольшого количества таких систем наиболее известными являются «объектная модель документов ***DOM*** (*Document Object Model* — «объектная модель документа») *»* и «*навигационные карты знаний*», концептуальную основу которых составляют семантические сети.

Модель DOM не налагает ограничений на структуру документа. Любой документ известной структуры с помощью DOM может быть представлен в виде дерева узлов, каждый узел которого представляет собой элемент, атрибут, текстовый, графический или любой другой объект. Узлы связаны между собой отношениями "родительский-дочерний".

Однако значение *навигационных карт знаний* в большей степени носит *методологический характер*, заключающийся в том, что на естественном языке, с помощью словарей понятий и фиксированного набора отношений, можно конструировать сложные системы (сети) представления знаний, позволяющие выполнять навигацию и отслеживать полноту связей между наборами классификационных деревьев и множеством компонент знаний.

На схеме (рис.1) приведен фрагмент *авторского варианта семантической сети* (карты знаний), имеющий отношение к рассматриваемой проблеме – моделированию ресурсного и управленческого аспекта *пространства знаний* современного И-ВУЗа.

Язык моделирования включает следующие элементы сети:

- в квадратах обозначены имена классов (категорий) элементов, входящих в семантическую сеть;
- в необрамленных квадратами текстах представлены типы реализации классов - типы и объекты хранения экземпляров классов, называемые спецификаторами.
- именованными стрелками помечены типы отношений «класс – класс» и «класс - экземпляр класса».

Отношения между классами элементов сети, а также классами и экземплярами классов на языке теории отношений могут быть представлены формализмами, имеющими глобальный характер:

$$R \subset X \times Y, \text{ где}$$

X , Y– формальные образы классов, реализуемые функциями интерпретации $\varphi_1 : X \rightarrow$ *<Имя класса>* и $\varphi_2 : Y \rightarrow$ *<Имя класса>*.

Применив функции интерпретации к классу **Классификатор,** связанному отношением *имеет с* классами **Имя** и **ID классификатор** , получим

$R_{\text{имеет}} \subset$ *<Классификатор>* $\times$ *<Имя>*

и

$R_{\text{имеет}} \subset$ *<Классификатор>* $\times$ *< ID классификатор >*

Пусть далее отношение имеет смысл $R \subset X \times Y$, где X – формальные образы семейства классов, Y – формальный образ семейства экземпляров класса, реализуемые функциями интерпретации $\varphi_1 : X \rightarrow$ *<Имя класса>* и $\varphi_2 : Y \rightarrow$ *<Экземпляр класса>,* тогда

1) выражение $\forall x \forall y$ $(\boldsymbol{P}(x,y)) : x \in X \ \& \ y \in Y$ и $\boldsymbol{P}$ = *<есть>* отвечает *условию полноты* отношения R между классами и экземплярами классов;
2) выражение $\forall x \ \exists y$ $(\boldsymbol{P}(x,y)) : x \in X \ \& \ y \in Y$ и $\boldsymbol{P}$ = *<есть>* отвечает *условиям существования* экземпляров класса $y \in Y$ для класса X;
3) выражение $\exists x \ \exists y$ $(\boldsymbol{P}(x,y)) : x \in X \ \& \ y \in Y$ и $\boldsymbol{P}$ = *<есть>* отвечает условию *полного соответствия* отношений между классами и экземплярами классов.

Аналогичные формализмы могут быть введены для других имен отношений *R: <класс –класс>* и*< класс – экземпляр класса>,* как то *<входит в>, <содержит>, <имеет>* и пр.

Отметим, что приведенные выше условия 1) -3) для типов отношений, где классы элементов сети соотносятся с их экземплярами, имеющими тип словаря, справочника, массива или базы данных, являются необходимыми, но далеко недостаточными. Достаточность этих отношений будет показана после формулировки теорем, приведенных далее.

На уровне программных реализаций отмеченные отношения представляются матрицами соответствий, а функции управления отношениями (визуализация, навигация, выбор, отношение следования) задаются в табличной форме, путем привязки этих отношений к соответствующим классификаторам.

По отношению к *Карте знаний* можно определить такие же отношения и условия существования между *категориями (классами) знаний и спецификаторами (экземплярами классов),* входящими в состав этих категорий. Применительно к схеме семантической сети, приведенной на рис.1, к *разряду категорий знаний* от-

носятся вершины с именами *Атрибуты, Файлы, Данные, Связи и* пр., а к разряду спецификаторов, связанные с категориями – *экземпляры (реализации) категорий.*

Существует несколько типов отношений между экземплярами классификаторов и спецификаторов. Рассмотрим два из них.

Отношение «дерево-дерево». Пусть существует некоторый классификатор *D (V, E),* имеющий структуру размеченного дерева и принадлежащий лесу деревьев ***D***, моделирующему некоторую организацию (И-ВУЗ). Каждый узел $v_i \in V$ этого классификатора содержит *имя* узла и *ID-идентификатор*, т.е. специфицируется упорядоченной двойкой (*«ID», «имя»).* Пусть далее каждому дереву *D* из леса деревьев ***D*** поставлено в соответствие некоторое дерево $A \in$ ***Kw,*** изоморфное дереву $D \in$ ***D***, тогда между деревьями D и A существует отношение

$$R \subset \times\{D,\ A\}, \qquad (1)$$

удовлетворяющее условию

$$\forall D(V,E) \in \mathbf{D}\ \exists A(V,E) \in \mathbf{Kw}\text{: } P(D, A)\ \&\ P \Leftrightarrow \text{«содержит»} \vee \text{«имеет».}$$

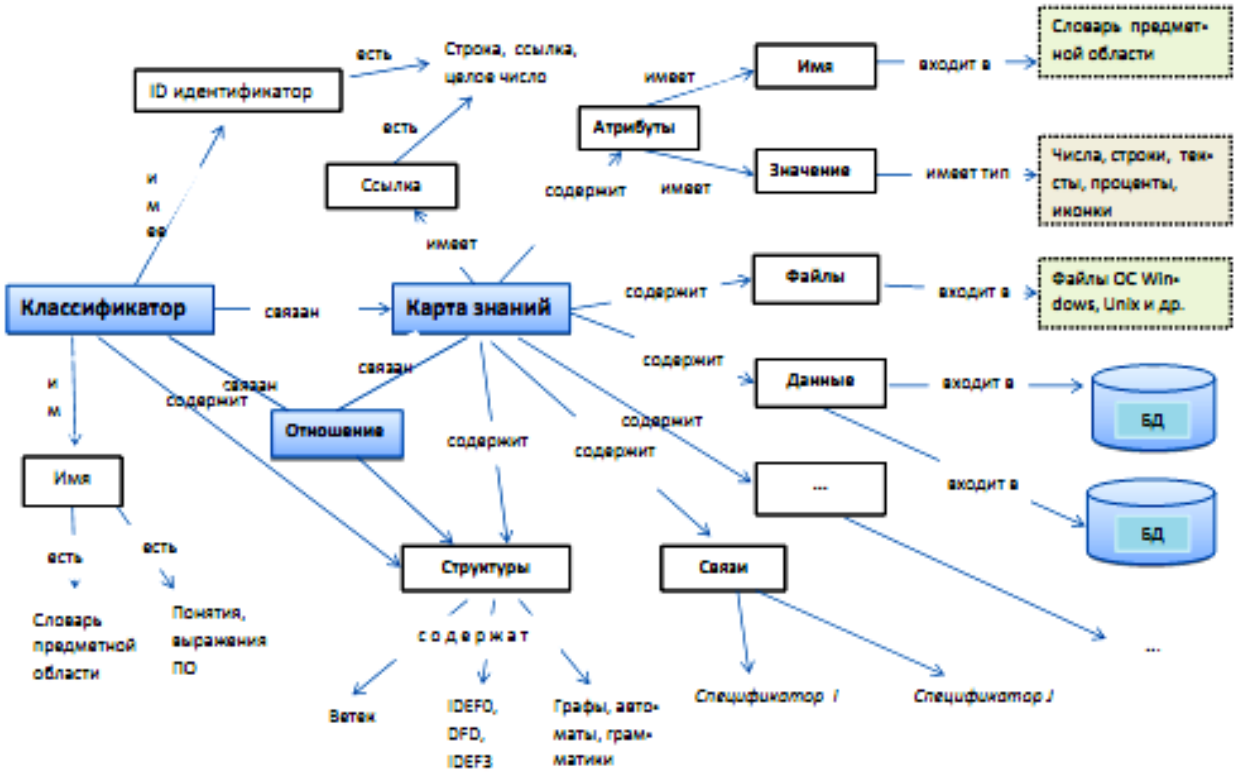


Рис.1.Семантическая сеть в форме «Карты знаний» модели И-ВУЗа (фрагмент)

Отношение «дерево-множество». Пусть существует некоторый классификатор *D(V, E),* имеющий структуру размеченного дерева и принадлежащий лесу деревьев ***D***, моделирующему некоторую организацию (и, в частности, И-ВУЗ). Каждому *D* соответствует некоторое множество *A,* такое, что каждый элемент этого множества $a \in A$ специфицируется набором из *m* (множеством) элементов $\{a_1, a_2, \ldots, a_i, \ldots, a_m\}$; в общем случае каждый элемент $a \in A$ имеет различное число *m* принадлежащих ему элементов. Примем, что имеет место некоторое отображение *D* на (или в) *A*

$$F:\ D \to A, \qquad (2)$$

такое, что

$$\forall D(V,E) \in \mathbf{D}\ \exists A \in \mathbf{Kw}\text{: } P(D, A)\ \&\ P \Leftrightarrow \text{«содержит»} \vee \text{«имеет»}$$

Введем следующие определения [1,2,3,4]:

Определение 1. **Классом эквивалентности** *C(a)* элемента *a* назовем подмножество элементов, эквивалентных *a*.

Из этого определения следует, что, если $b \in C(a)$, то $C(a) = C(b)$. Множество всех классов эквивалентности будем обозначать X/∼, а для класса эквивалентности элемента *a*, - использовать обозначение *a*/∼. Множество классов эквивалентности по отношению ∼ определяет и задает разбиение множества *X*.

Определение 2. Множество классов эквивалентности, отвечающее отношению эквивалентности ∼, и обозначаемое символом X/∼ будем называть *фактор-множеством* относительно ∼.

Определение 3. Пусть дерево $D(V,E) \in D$ специфицируется семейством множеств $A = \{a\}$ из категории классификаторов **Атрибуты**, т.е. $A \in \boldsymbol{Kw}$ и пусть каждый набор (множество) атрибутов $a \in A$, специфицирующих некоторый узел v дерева D из леса деревьев ***D,*** задан множеством элементов $a_i \in a$, называемых атрибутами, т.е. $a = \{a_1, a_2, ..., a_i , ..., a_m\}$, **,** где, в общем случае, для каждого узла v дерева D количество m атрибутов a_i различно. Назовем каждый атрибут a_i из множества $a \in A$ атрибутов, специфицирующих узел v дерева *D, специфицирующим атрибутом (СА)*, а множество атрибутов $a \in A$, принадлежащих категории *A* **Атрибуты** – *специфицирующим множеством атрибутов* (*СМА)* или *атрибутизированным спецификатором знаний (АСЗ).*

Определение 4. Назовем поддеревом D_i часть дерева *D*, которая может быть представлена в виде отдельного дерева. Любой узел дерева *Di* вместе со всеми его узлами-потомками является поддеревом дерева *D*. Для любого узла поддерева либо должен быть путь в корневой узел этого поддерева, либо сам узел должен являться корневым. Тогда каждое поддерево D_i имеет максимальный элемент *max(D),* рассматриваемый как само дерево *D* и набор минимальных элементов *min(D)* - концевые узлы (листья) дерева *D.*

Атрибутизация классификаторов. Рассмотрим категорию спецификаторов **Атрибуты** и варианты того, как спецификаторы этого класса соотносятся с элементами классификационных деревьев D ∈ D.

Предложение 1. Существуют структуры классификаторов $D \in \boldsymbol{D}$ из леса классификаторов ***D,*** которые могут быть специфицированы *единым набором атрибутов* $a \in A$ *СМА,* необходимым и достаточным, чтобы специфицировать каждый узел v дерева D_i . Это предложение поддерживается следующей теоремой.

Теорема 1. Пусть существуют классификаторы *D* из леса семантически окрашенных классификаторов ***D,*** где $D \in \boldsymbol{D}$, для которых все узлы $v \in V$ (вершины) дерева *D(V,E)* специфицируются одним и тем же набором атрибутов $a \in A$, определенным на классе эквивалентости $a/\sim$, тогда существует отображение

$$F : D \rightarrow a/\sim \qquad (3)$$

такое, которое удовлетворяет условию

$\forall v \in D\ \exists a/\sim : P(v, a/\sim)$, где $P \Leftrightarrow$ *«имеет»* $\vee$ *«содержит».*

Доказательство. Пусть *D (V,E)* – семантически окрашенное дерево леса деревьев ***D*** *и* $D \in \boldsymbol{D}$, соответствующее некоторому базовому классификатору с числом узлов $n = |v|$ Переименуем дерево *D* в дерево *H =(V, E). П*оставим в соответствие дереву *H* граф *K ={A,E},* каждый узел *a* которого представлен множеством *m* атрибутов $\{a_i : i = 1..m\}$, где – *i* множество целых чисел. В общем случае для каждого узла *a* графа *K* число атрибутов *m* различно.

Пусть граф *H =(V, E) изоморфен* графу *K = (A,E)*, так что существует *биекция* f из множества вершин графа *H* в множество вершин графа *Kn,* обладающая следующим свойством: если в графе *H* есть ребро из вершины v_i в вершину v_{i+1}, то в графе *Kn* должно быть ребро из вершины $f(a_i)$ в вершину $f(a_{i+1})$ и наоборот – если в графе *Kn* есть ребро из вершины a_i в вершину a_{i+1}, то в графе *H*

должно быть ребро из вершины $f^{-1}(v_i)$ в вершину $f^{-1}(v_{i+1})$.

Определим некоторое глобальное множество Λ, составляющее словарь специфицирующих атрибутов, где каждый набор атрибутов $a \subset \Lambda$ и каждый атрибут a_i набора a – есть упорядоченная двойка <(*имя атрибута= значение)*>.

Пусть далее граф $H = (V, E)$ - есть дерево классификаторов, где каждый его узел v – имя некоторого классификатора, входящее в иерархию классификаторов с базовым классификатором v_0, представляющим корневой узел графа; а каждый узел a графа $K = (A,E)$, изоморфного графу $H = (V, E)$, специфицируется множеством $a = \{a_1, a_2, \ldots, a_i, \ldots, a_m\}$, составленным из набора специфицирующих этот узел имен атрибутов a_i, принадлежащих множеству элементов словаря Λ, и $a_i \in \Lambda$, тогда имеет место биективное отображение $f : v \to a$ классификатора v на множество a или $a = f(v)$.

Пусть порядок (число узлов) графа $|H|$ равен n, т.е. $n = |H|$. Выполним над узлами a_i графа K, где $a_i \in K$, операцию объединения таким образом, что $a' = a_{i1} \cup a_{i2} \cup, \ldots, \cup a_{in}$ образует множество a'. Проведем факторизацию множества a', удалив (возможно и переименовав) в a' одноименные по смыслу атрибуты, оставив их по одному, тогда мощность множества атрибутов $|a|$ определится на классе эквивалентности $a = a'/\sim$.

Сюръективное отображение $F: H \to a$, удовлетворяющее условию

$\forall v \in H\ \exists a = a'/\sim:\ P(v, a)$, где $P \Leftrightarrow$ «имеет» $\vee$ «содержит»,

вполне обеспечивает атрибутизацию всех узлов v дерева G. На схемном уровне это представляется отображением, приведенном на рис. 2.

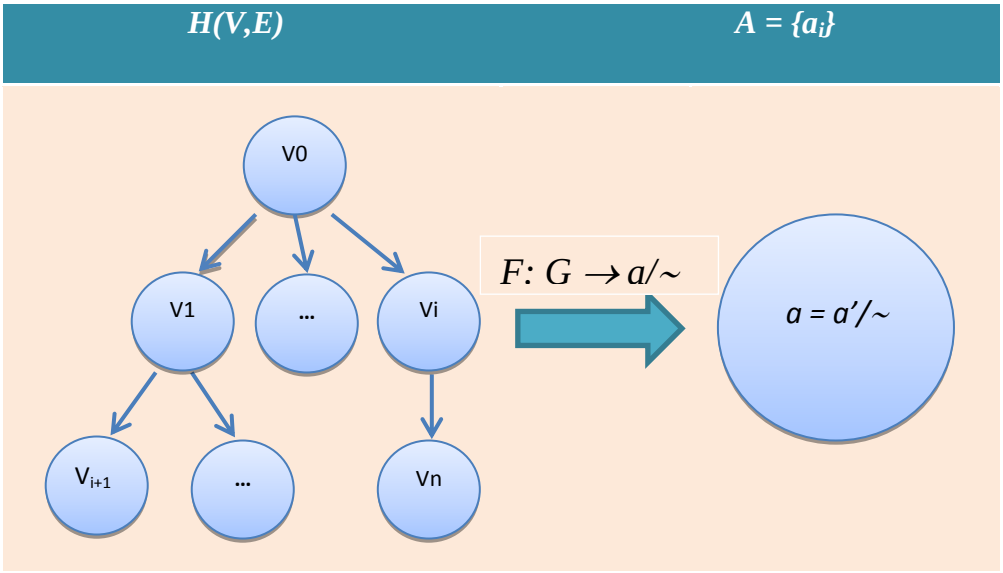


Рис.2. Отображение $F: G \to a = a'/\sim$, атрибутизирующее все узлы v дерева G(V,E)

Теорема 2. Существуют классификаторы D из леса семантически окрашенных классификаторов $\boldsymbol{D}$, где $D \in \boldsymbol{D}$, для которых каждое поддерево $D_i(V_i,E_i)$ (вершины) дерева $D(V,E)$ специфицируются одним и тем же набором атрибутов A_i, определенным на классе эквивалентности $A_i/\sim$.

Доказательство. Доказательство теоремы 2 аналогично доказательству теоремы 1 с отличием того, что факторизация спецификаторов $A_i = A'_i/\sim$ выполняется на подмножествах атрибутов A'_i, соотносимых с каждым узлом поддерева D_i. Таким образом, согласно теореме 1 существует сюръективное отображение $F_i: G_i \to A_i$, удовлетворяющее условию

$\forall v_i \in G_i \; \exists A_i = A_i' / \sim : P(v_i, A_i)$, где $P \Leftrightarrow$ *«имеет»,*

которое вполне обеспечивает атрибутизацию всех узлов v_i поддерева G_i.

На схемном уровне это представляется отображением, приведенном на рис. 3.

Теорема 3. Существуют классификаторы D из леса семантически окрашенных классификаторов ***D,*** где $D \in \boldsymbol{D}$, для которых каждый узел v_i (вершина) дерева $D(V,E)$ специфицируются уникальным набором атрибутов a_i, специфицирующих только и только этот узел.

Доказательство этой теоремы очевидно, а биективное отображение F_i: $v_i \rightarrow a_i$, удовлетворяет условию,

$\forall v_i \in G \; \exists a_i \in \boldsymbol{\Lambda}$: $P(v_i, a_i)$, где $P \Leftrightarrow$ *«имеет»,*

что иллюстрируется схемой, приведенной на рис.3.

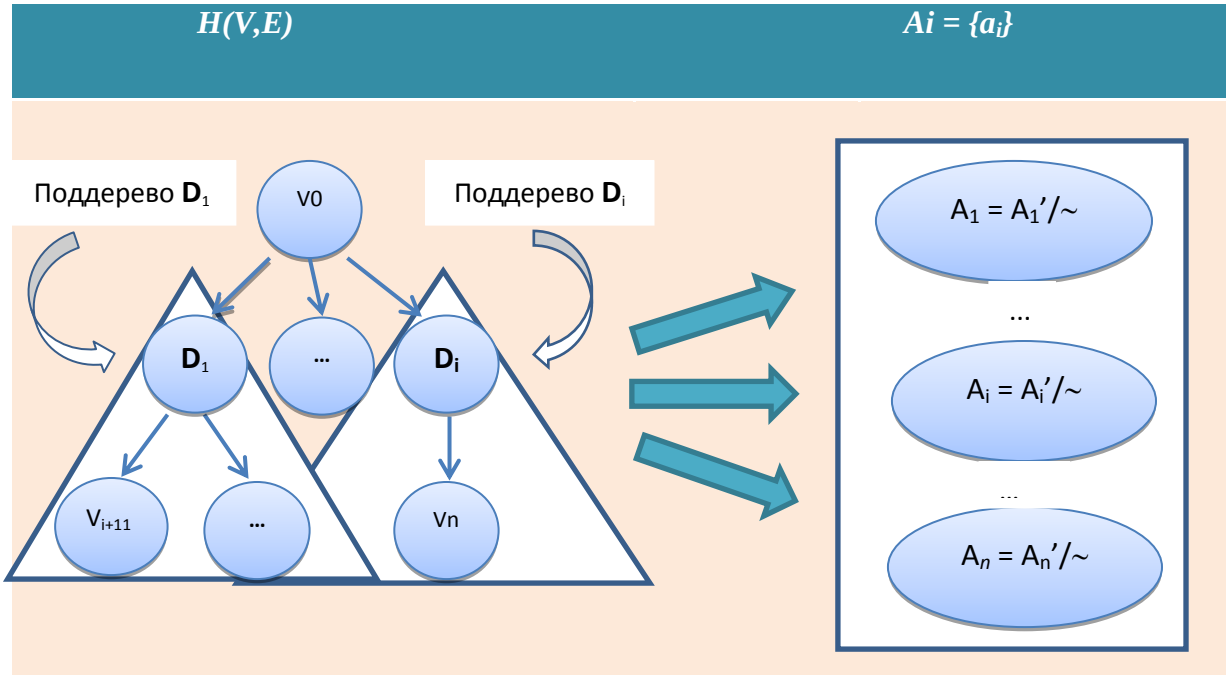


Рис.3. Отображение F: H → A =A'/~, атрибутизирующее все узлы v дерева H(V,E).

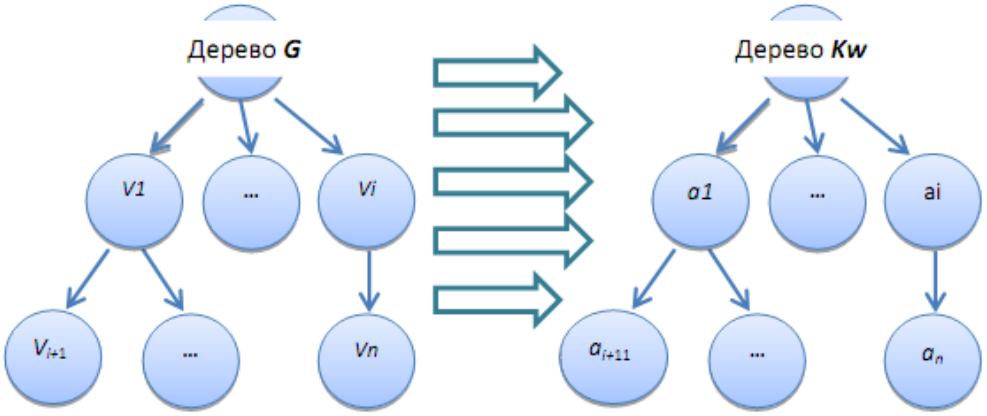


Рис.4. Отображение F_i: $v_i \rightarrow a_i$, атрибутизирующее все узлы v дерева G(V,E)

Связывание классификаторов с файлами.

Для создания ресурсной части знаний и управления знаниями одной атрибутизации недостаточно. Необходимы более мощные средства представления знаний, и в качестве таковых могут использоваться файловые, Web-представления, базы данных и знаний, а также техники управления этими знаниями.

В качестве базовой модели представления и управления знаниями также примем формализм в формате парных изоморфных деревьев (см. рис. 5).

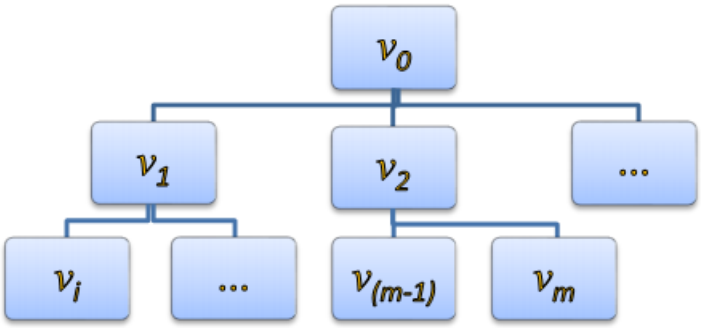


Рис.5a. Дерево G(V,E), идентифицирующее узлы классификатора

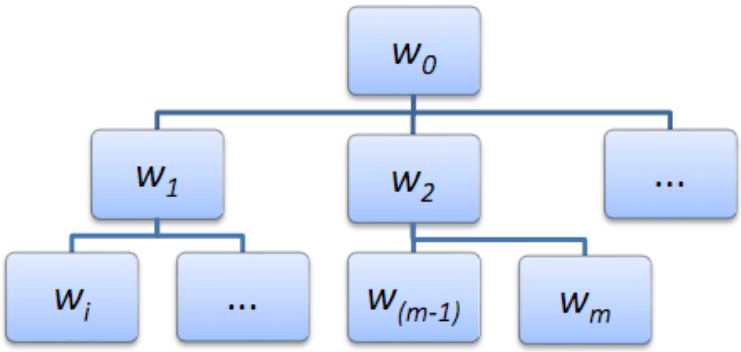


Рис.5b. Дерево Kw(W,E), специфицирующее категорию ***Файлы.***

Деревья $G(V,E)$ и $Kw(W,E)$ входят в леса деревьев $\boldsymbol{G}$ *и* $\boldsymbol{Kw}$ соответственно, так что – $G(V,E) \in \boldsymbol{G}$ и $Kw(W,E) \in \boldsymbol{Kw}$. Каждый узел v дерева $G(V,E)$ представлен двойкой *<индекс, идентификатор>*; а каждый узел w дерева $Kw(W,E)$ – набором файлов $w = \{w_1, w_2, \ldots, w_i, \ldots, w_n\}$, где каждый файл w_i описывается также двойкой *<путь доступа к файлу, дескриптор>*, а число файлов n в разных наборах w, в общем случае, различно. Не исключается и ситуация, когда набор файлов отдельного узла w дерева $Kw(W,E)$ пуст ($\varnothing$).

Связи между узлами $v \in V$ и $w \in W$ деревьев $G(V,E)$ и $Kw(W,E)$ удобно задавать в виде отношения

$$R_{G,Kw} \subset G(V,E) \times Kw(W,E), \qquad (4)$$

реализуемого на программном уровне матрицей соответствия

$$F_{G,Kw} : G(V,E) \rightarrow Kw(W,E). \qquad (5)$$

В общем случае функция (3.5) является частичной, т.е не каждый узел $v \in V$ дерева $G(V,E)$ имеет специфицирующий его набор файлов ($w_i = \varnothing$).

Что касается избирательного специфицирования узлов деревьев $G(V,E)$ спецификаторами $Kw(W,E)$ из категории **Файлы**:

- одним набором w_0 на все дерево $G(V,E)$ из леса деревьев $\boldsymbol{D}$: $G(V,E) \in \boldsymbol{D}$;
- по одному набору w_i на некоторые поддеревья $G_i(V,E)$ дерева $G(V,E)$ из леса деревьев $\boldsymbol{D}$: $G_i(V,E) \in G(V,E)$;

- по одному набору *w* на каждый узел $v \in G(V,E)$ дерева $G(V,E)$ из леса деревьев ***D***, то имеет место следующее предложение.

Предложение 1. Теоремы существования 1 - 3, доказанные по отношению к спецификации деревьев $G(V,E) \in \boldsymbol{D}$ спецификаторами $K(A,E)$ из категории **Атрибуты**, справедливы и при спецификации деревьев $G(V,E) \in \boldsymbol{D}$ спецификаторами $Kw(W,E)$ из категории **Файлы.**

Доказательство теорем очевидно, если заменить обозначения деревьев $K(A,E)$ на деревья $Kw(W,E)$.

Связывание классификаторов с web-документами. Эта связь реализуется на уровне гиперссылок на нужные сайты со стороны узлов различного уровня представления классификационных деревьев. Здесь также справедливы теоремы 1 - 3 с заменой экземпляров спецификаторов из категории **Файлы** на категорию **Web- документы**.

Категория **Web- документы** относится к спецификаторам внешней формы представления ресурсов знаний по отношению к знаниям организации. Управление этими ресурсами реализуется глобальными механизмами навигации и поиска, развиваемыми в теории, получившей название *Всемирной семантической паутины*, целью которой является представление информации (знаний) в виде, пригодном для машинной обработки и, в то же время, использующей не только механизмы гиперссылок, но и семантику содержания.

Введение в *Пространство знаний* категории **web-документы** позволяет представлять и обрабатывать внешние ресурсы знаний обеспечивая предметно-ориентированное сужение этого пространства, привязывая его к тому или иному уровню классификационных деревьев. Особенно значим такой подход для концепции воспроизводства знаний, в условиях *глобализации и унификации образовательного контента* преподаваемых дисциплин.

Литература

1. Бабак В.Ф., Касымалиева А.Т., Торобеков Б.Т. Теоретико-множественная модель И-ВУЗа.-- Публикация в этом же сборнике, 2013 г.
2. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математическе основы.- Перев.с англ. Под редакцией акад. Емельянова С.В., Инд-во «Мир», 1978 г., 311 с.
3. Харари Ф. Теория графов. — М.: Мир. — 1973. — 300 с.
4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1296 с.

УДК 681.5

СИНТЕЗ САУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НАМОТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Оморов Т.Т., Жолдошов Т.М., Кожекова Г.А., Джолдошов Б.О.

Рассматривается задача проектирования регулятора системы автоматического управления (САУ) процессом намотки длинномерных материалов, математическое описание которой дается уравнениями с переменными параметрами. Динамический расчет САУ осуществляется с использованием метода синтеза систем с переменной структурой на основе принципа гарантируемой динамики.

Динамическое проектирование систем автоматического управления (САУ) нестационарными объектами представляет большие трудности, несмотря на то, что для синтеза соответствующих регуляторов в теории управления существует ряд методов [1-4]. В работе [5] на основе принципа гарантируемой динамики [6] предложен альтернативный метод расчета САУ с переменной структурой для указанного класса объектов, суть которого заключается в следующем.

Рассматривается нестационарный линейный многомерный управляемый объект, математическая модель которого задана в отклонениях в пространстве состояний:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t), \qquad x(t_0) = x^0, \qquad (1)$$

где

$x(t) = [x_1(t), x_2(t), ..., x_n(t)]^T$ – n-мерный вектор состояния объекта в отклонениях;

$u(t) = [u_1(t), u_2(t), ..., u_n(t)]^T$ - m-мерный вектор управляющих воздействий; вещественные матрицы $A(t) = \{a_{ij}(t)\}_{n\times n}$, $B(t) = \{b_{\ell i}(t)\}_{m\times m}$; x^0- вектор начального состояния объекта в начальный момент времени t_0; T – знак транспонирования.

Считается, что объект обладает свойством управляемости, а компоненты вектора состояния x(t) измеряются.

Проблема состоит в синтезе автоматического регулятора, обеспечивающего проектируемой системе управления заданные динамические свойства, т.е. устойчивость замкнутой САУ и требуемые показатели качества системы по точности и быстродействию.

Далее предполагается, что синтезируемый регулятор строится в виде линейной обратной связи по вектору состояния x(t), т.е. его структура задается в виде

$$u(t) = K(t)x(t), \qquad (2)$$

где матрица регулятора $K(t) = \{k_{vi}\}_{m\times n}$.

С учетом закона управления (2) векторное уравнение объекта (1), замкнутого обратной связью, имеет вид

$$\dot{x}(t) = S(t)x(t),$$

где матрица замкнутой системы $S(t) = \{s_{ij}(t)\}_{n\times n}$.

Для синтеза искомого закона управления u(t) используется следующий результат [6].

Теорема 1. Пусть $x_i(t) \neq 0$, $i = \overline{1,n}$, и для каждого t_0 и $t > t_0$ выполняются условия

$$\int_{t_0}^{t} x_i(t)\dot{x}_i(t)dt < 0, \quad i = \overline{1,n}. \qquad (3)$$

Тогда модули невязок $|x_i(t)|$ с течением времени убывают и

$$\lim_{t\to\infty} x_i(t) = 0, \qquad i = \overline{1,n}.$$

На основе теоремы 1 в [5] получены условия, при выполнении которых обеспечиваются критериальные соотношения (3).

Теорема 2. Пусть управляемый объект и алгоритм управления описываются соответственно соотношениями (1) и (2). Тогда, для выполнения критериальных условий (3) параметры замкнутой САУ должны определяться по формулам:

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^{*}\,\mathrm{sign}[x_i(t)x_j(t)], \quad i, j = \overline{1,n}, \qquad (4)$$

а матрица регулятора должна удовлетворять соотношению

$$B(t)K(t) = S(t) - A(t), \qquad (5)$$

где s_{ij}^{*} – отрицательные вещественные параметры ($s_{ij}^{*} < 0$).

В результате проблема синтеза регулятора для многомерной линейной нестационарной системы (1) сводится к решению матричного уравнения (5) относительно матрицы линейной обратной связи K(t).

В случае, когда m=n, а B(t) имеет обратную матрицу $B^{-1}(t)$, матрица регулятора K(t) определяется в явной форме:

$$K(t) = B^{-1}(t)\left[S(t) - A(t)\right]. \qquad (6)$$

В противном случае, а также когда B(t) не является квадратной, нахождение решения уравнения (5) можно осуществить на основе обобщенного обращения $B^{+}(t)$ матрицы B(t) [4]:

$$B^{+} = \left[B^{T} B\right]^{-1} B^{T} \qquad (7)$$

Тогда квазирешение матричного уравнения (5) дается формулой:

$$K(t) = B^{+}(t)\left[S(t) - A(t)\right]. \qquad (8)$$

Формулировка задачи управления взаимосвязанными электроприводами. Теперь рассмотрим задачу динамического расчета регулятора САУ технологическим процессом намотки длинномерных материалов с использованием изложенного выше метода. Данный объект (рис. 1) является составной частью технологического комплекса и состоит из двух электроприводов [7].

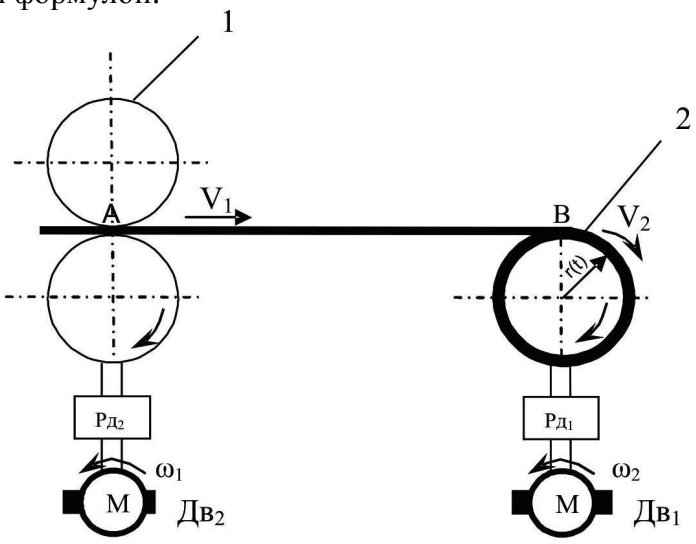


Рис. 1. Кинематическая схема системы.

Обрабатываемый материал (лента, проволока и др.) наматывается на приемную катушку 2 проходя через валки 1, вращение которых обеспечивает соответствующие двигатели (Дв1, Дв2). В процессе управления момент инерции Дв2 возрастает, так как при этом увеличивается диаметр катушки r(t). При этом в целях повышения показателей качества технологического процесса возникает проблема взаимосвязанного и функционального управления электроприводами, входящими в структуру технологического комплекса. Важной задачей является поддержание определенных соотношений между переменными системы, характеризующие протекание технологического процесса. В качестве основных параметров процесса при этом служат линейные скорости движения материала $V_1(t)$ и $V_2(t)$ в соответствующих местах (точке A и B) и длина обрабатываемого материала между ними.

Математическая модель рассматриваемой системы получена в виде следующей системы уравнений [7]:

$$\begin{aligned}
&\dot{V}_1(t) = a_{11} V_1(t) + b_{11} u_1(t),\\
&\dot{V}_2(t) = a_{22} V_2(t) + a_3 V_2^{\,2}(t) + b_{22} u_2(t),\\
&\dot{r}(t) = a_4(t) V_2(t),\\
&\dot{J}_2(t) = c_2 r^3(t)\dot{r}(t),
\end{aligned} \qquad (9)$$

где а $u_1(t)$, $u_2(t)$ – напряжения на входе усилителей мощности, которые являются управляющими воздействиями первого и второго двигателей;

J_1, J_2 – моменты инерции, приведенные к валам соответствующих двигателей; параметры системы

$$a_{11} = -\frac{k_1\beta_1}{J_1}, \qquad a_{22} = -\frac{\beta_2 k_2}{J_2(t)}, \qquad a_3 = a_3(r) = \frac{c_1 k_2}{r^2(t)},$$
$$b_{11} = \frac{k_1\eta_1}{J_1}, \qquad b_{22} = b_{22}(r) = \frac{r_2\, r(t) k_2}{J_2(t)}, \quad a_4 = a_4(r) = \frac{c_1}{r(t)}. \tag{10}$$

Здесь $k_1, k_2, \eta_1, \eta_2, \beta_1, \beta_2, c_1$ - постоянные коэффициенты.

Вначале сформулируем технологические требования к проектируемой системе управления. Введем величины:

ℓ^* – расстояние между точкой касания валков 1 (точка А) и верхней частью (точка В) приемной катушки (рис.1);

$\ell(t)$ – фактическая длина обрабатываемого длинномерного материала (полотна) между точками А и В в момент времени t.

Синтерзируемой регулятор САУ должен обеспечивать:

стаблизацию выходных переменных системы $V_1(t)$ и $V_2(t)$ на уровне желаемого значения V^* линейных скоростей:

$$V_1(t)=V^*=\text{const},$$
$$V_2(t)=V^*=\text{const}. \tag{11}$$

выполнение технологического условия:

$$\ell(t) = \ell^*, \tag{12}$$

что позволяет достичь определенного натяжения обрабатываемого материала;

допустимое время управления T_i, $i = \overline{1,3}$.

В результате задача динамического проектирования САУ заключается в отыскании законов управления $u_1(t)$ и $u_2(t)$ по заданным технологическим требованиям (11), (12) и быстродействию системы T_i, $i = \overline{1,3}$.

Уравнения объекта в переменных состояния. Введем следующие переменные:

$$\ell_1(t) = \int_0^t V_1(t)dt, \qquad \ell_2(t) = \int_0^t V_2(\tau)d\tau, \tag{13}$$

где $\ell_1(t)$, $\ell_2(t)$ - длины обрабатываемого материала через точку А и В соответственно в момент времени t.

Рассматривается разность

$$\Delta\ell(t) = \ell_1(t) - \ell_2(t),$$

которая с учетом формул (13) выражение имеет вид:

$$\Delta\ell(t) = \int_0^t (V_1 - V_2)d\tau. \tag{14}$$

Для обеспечения технологического условия (11) отклонение $\Delta\ell(t)$ должно стремится к нулю:

$$\Delta\ell(t) \to 0.$$

В целях учета условия (14) необходимо получить соответствующее уравнение динамики отклонения $\Delta\ell(t)$ длины обрабатываемого материала от заданного значения ℓ^*, которое можно определить путем дифференцирования по t левой и правой частей соотношения (14):

$$\Delta\dot{\ell}(t) = V_1(t) - V_2(t).$$

Введем следующие переменные состояния:

$$x_1(t) = v_1(t) - v_1^*,$$

$$x_2(t) = v_2(t) - v_2^*,$$

$$x_3(t) = \Delta\ell(t).$$

В результате линейные уравнения объекта в отклонениях запишутся в виде

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a_1 x_1 + b_1 u_1 \\ \dot{x}_2 &= \tilde{a}_2 x_2 + b_2 u_2 \\ \dot{x}_3 &= a_1 x_1 + (2a_3 V_2^* - a_2) x_2 + b_1 u_1 + b_2 u_2. \end{aligned} \qquad (15)$$

Систему уравнений (15) можно записать в матричной форме (1):

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t),$$

где $x(t) = \left[x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right]^T$ - вектор состояния объекта; $u(t) = \left[u_1(t), u_2(t)\right]^T$ - вектор управляющих воздействий; A(t) и B(t) – вещественные матрицы:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & \tilde{a}_2 & 0 \\ a_1 & a_3 V_2^* - a_2 & 0 \end{bmatrix}; \qquad B(t) = \begin{bmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix}.$$

В соответствии с изложенным выше методом синтеза САУ закон управления u(t) определяется соотношением (2), а матрица регулятора

$$K(t) = B^+(t)\left[S(t) - A(t)\right]$$

При этом обобщенное обращение $B^+(t)$ матрицы B(t) определяется формулой (7), а элементы матрицы S(t) имеют вид:

$$\begin{aligned} s_{11}(t) &= s_{11}^* sign[x_1^2(t)], & s_{21}(t) &= s_{21}^* sign[x_2(t)x_1(t)], \\ s_{12}(t) &= s_{12}^* sign[x_1(t)x_2(t)], & s_{22}(t) &= s_{22}^* sign[x_2^2(t)], \\ s_{13}(t) &= s_{13}^* sign[x_1(t)x_3(t)], & s_{23}(t) &= s_{23}^* sign[x_2(t)x_3(t)], \\ s_{31}(t) &= s_{31}^* sign[x_3(t)x_1(t)], \\ s_{32}(t) &= s_{32}^* sign[x_3(t)x_2(t)], \\ s_{33}(t) &= s_{33}^* sign[x_3^2(t)]. \end{aligned} \qquad (16)$$

При этом вычисления показывают, что

$$B^+(t) = \begin{bmatrix} \frac{2}{3b_1} & -\frac{1}{3b_1} & \frac{1}{3b_1} \\ \frac{1}{3b_2} & \frac{2}{3b_2} & \frac{1}{3b_2} \end{bmatrix}.$$

$$S(t) - A(t) \begin{bmatrix} s_{11} - a_1 & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & = s_{22} - \tilde{a}_2 & s_{23} \\ s_{31} - a_1 & s_{32} - (2a_3 V_2^* - a_2) & s_{33} \end{bmatrix}.$$

Таким образом матрица регулятора определяется соотношением:

$$K(t) = \begin{bmatrix} \frac{2}{3b_1} & -\frac{1}{3b_1} & \frac{1}{3b_1} \\ -\frac{1}{3b_2} & \frac{2}{3b_2} & \frac{1}{3b_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_{11} - a_1 & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} - \tilde{a}_2 & s_{23} \\ s_{31} - a_1 & s_{32} - (2a_3 V_2^* - a_2) & s_{33} \end{bmatrix}, \quad (17)$$

а ее элементы определяются следующими выражениями:

$$k_{11}(t) = -\frac{s_{21}}{3b_1} - \frac{2(a_1 - s_{11})}{3b_1} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_1};$$

$$k_{12}(t) = \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_1} + \frac{2s_{12}}{3b_1} + \frac{\tilde{a}_2 - s_{22}}{3b_1};$$

$$k_{13}(t) = \frac{2s_{13}}{3b_1} - \frac{s_{23}}{3b_1} + \frac{s_{33}}{3b_1};$$

$$k_{21}(t) = \frac{2s_{21}}{3b_2} + \frac{a_1 - s_{11}}{3b_2} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_2};$$

$$k_{22}(t) = \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_2} - \frac{s_{12}}{3b_2} - \frac{2(\tilde{a}_2 - s_{22})}{3b_2};$$

$$k_{23}(t) = \frac{2s_{23}}{3b_2} - \frac{s_{13}}{3b_2} + \frac{s_{33}}{3b_2}.$$

В результате искомый закон управления имеет вид:

$$\begin{aligned} u_1(t) = & \left(\frac{s_{21}}{3b_1} \frac{\cdot 2(a_1 - s_{11})}{3b_1} + \frac{a_1 - s_{31}}{3b_1} \right) x_1 + \left(\frac{(a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3)}{3b_1} + \frac{2s_{12}}{3b_1} + \frac{\tilde{a}_2 - s_{22}}{3b_1} \right) x_2 + \\ & + \left(\frac{2s_{13}}{3b_1} - \frac{s_{23}}{3b_1} + \frac{s_{33}}{3b_1} \right) x_3; \\ u_2(t) = & \left(\frac{2s_{21}}{3b_2} + \frac{a_1 - s_{11}}{3b_2} - \frac{a_1 - s_{31}}{3b_2} \right) x_1 - \left(\frac{s12}{3b_2} - \frac{a_2 + s_{32} - 2V_2^* a_3}{3b_2} + \frac{2(\tilde{a}_2 - s_{22})}{3b_2} \right) x_2 + \\ & + \left(\frac{2s_{23}}{3b_2} - \frac{s_{13}}{3b_2} + \frac{s_{33}}{3b_2} \right) x_3. \end{aligned} \quad (18)$$

Расчет параметров синтезированного регулятора с законом управления (18) выполнен при следующих параметрах технологического объекта:

$J_1 = 0{,}02\ кг \cdot с^2$, $\beta_1 = 0{,}01\ кг \cdot м^2 / с$, $\eta_1 = 0{,}1\ кг \cdot м^2 \cdot рад/(В \cdot с^2)$,

$J_2(t_0) = 0{,}03\ кг \cdot с^2$, $\beta_2 = 0{,}018\ кг \cdot м^2 / с$, $\eta_2 = 0{,}16\ кг \cdot м^2 \cdot рад/(В \cdot с^2)$.

При этом элементы матриц A(t) и B(t) имеют следующие выражения:

$$a_{11} = -0{,}5c^{-1}, \qquad a_{22} = \frac{-0{,}018}{J_2(t)}, \qquad a_3 = \frac{0{,}16 \cdot 10^{-3}}{r^2(t)}, \qquad \tilde{a}_3 = a_2 + 6a_3,$$

$$b_{11} = 5{,}0 \ рад/(B \cdot c^2), \qquad b_{22} = \frac{r(t)}{J_2(t)}, \qquad c_1 = 0{,}01, \qquad c_2 = 0{,}001.$$

Задание для регулятора определим следующим образом:

$V_1(t) = V_2(t) = V^* = 3{,}5 \ м/с.$,

а требования к быстродействию условиями:

$T_1 \ J \ 3{,}0c.$, $T_2 \ J \ 3{,}0c.$, $T_3 \ J \ 3{,}5c.$

При этом параметры синтезированного закона управления u(t) принимают следующие значения:

$s_{ij}^* = -0.5, \qquad i, j = \overline{1,3}.$

В целях определения качества и эффективности с проектированной САУ проведено ее компьютерное моделирование с использованием программной системы MATLAB/Simulink. Полученные при этом результаты при различных начальных условиях показаны на рис. 2 – 5.

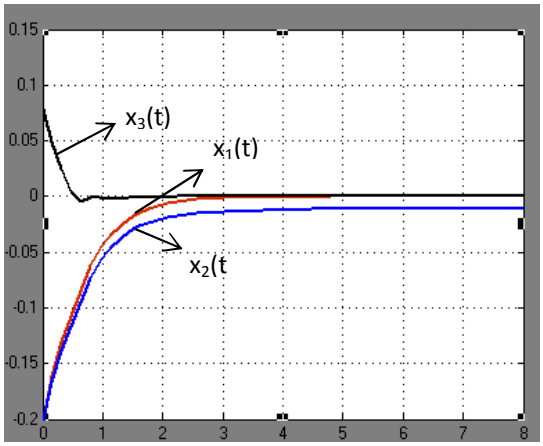


Рис.2. Переходные процессы по x(t)

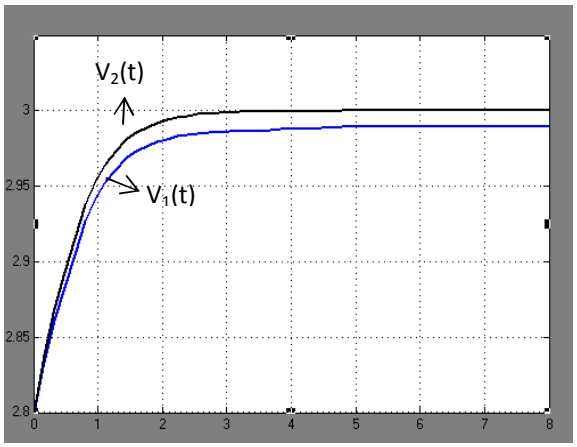


Рис.3 Переходные процессы по V(t)

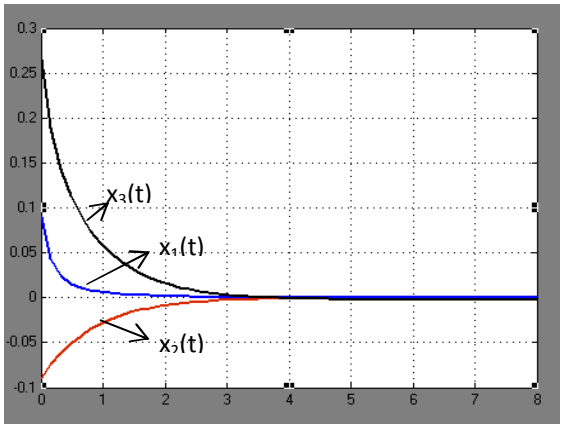


Рис.5. Переходные процессы по x(t)

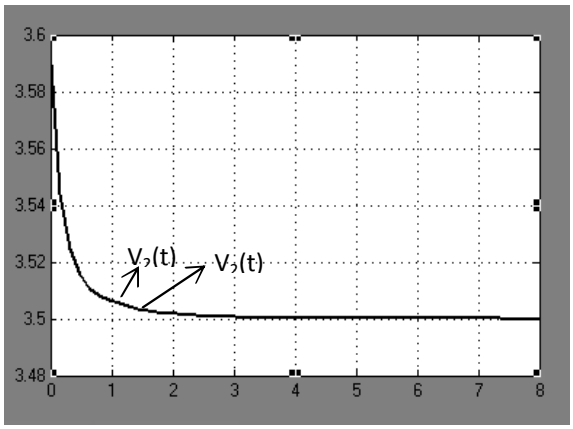


Рис.5 Переходные процессы по V(t)

Анализ полученных результатов показывает, что спроектированная САУ обладает заданными показателями качества управления технологическим процессом намотки длинномерных материалов.

Литература

1. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза / Петров Б.Н., Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
2. Емельянов, С.И., Уткин В.И, Таран В.А. Теория систем с переменной структурой.- М.: Наука, 1970. – 592 с.
3. Солодовников В.В., Дмитриев А.Н., Егупов Н.Д. Спектральные методы расчета и проектирования систем управления. – М.: Машиностроение, 1986.- 440 с.
4. Анжело Г.Д. Линейные системы с переменными параметрами.- М.:Машиностроение, 1974.- 288 с.
5. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А., Жолдошов Т.М. Метод синтеза автоматических регуляторов для нестационарных линейных многомерных систем Известия НАН КР. Бишкек: Илим, 2012,-№3.
6. Оморов Т.Т., Жолдошов Т.М., Кожекова Г.А. Методологические основы синтеза систем автоматического управления с использованием принципа гарантируемой динамики Известия НАН КР. Бишкек: Илим, 2012,-№4.-с.35-41.
7. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез законов управления взаимосвязанными электроприводами. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. Москва. 2009. №10.-С.10-13.

ХРОНИКА



19-марта 2013 года исполнился 75 лет со дня рождения и 50-лет педагогической деятельности «Заслуженного энергетика Киргизской ССР и СНГ», академика Инженерной Академии, профессора Рахимова Калый Рахимовича.

Он родился в с. Бурмасуу Аксуйского района Иссыккульской области. В 1956 году окончил среднюю школу им. Кирова в г. Каракол. В том же году поступил на энергетический факультет Фрунзенского политехнического института (ФПИ), который успешно окончил в 1961 году по специальности «электрические станции, сети и системы».

Был направлен для работы в проектный институт «Киргизпромпроект», где проработал незначительное время и поступил в этом же году в аспирантуру в институт энергетики и водного хозяйства Академии наук Киргизской ССР.

В 1963 году был принят на работу в ФПИ ассистентом на кафедру электрические станции, сети и системы. В 1966 году он избран на должность ст. преподавателя. В 1969 году назначен зав. кафедрой, в следующем году был избран на эту должность. В 1975 году был избран деканом энергетического факультета. С 1978 года до 1984 года снова заведовал кафедрой электрические станции, сети и системы. В 1985-86 годы работал начальником отдела НИР министерства высшего образования Киргизской ССР. С 1986 по 1992 годы работал доцентом в ФПИ. В 1992 году был назначен директором Каракольского отделения Инженерной Академии. В 1994 году был принят на должность профессора кафедры электрические станции, сети и системы Кыргызского технического университета. В 2002 году избирается зав. кафедрой новой кафедры «Возобновляемые источники энергии». В 2004 году уступил место профессору, доктору технических наук Обозову А. Дж. С этого времени продолжает работать профессором этой кафедры.

Педагогическая деятельность

Педагогическая деятельность началась с 1963 года, причем беспрерывно в стенах ФПИ ныне КГТУ. Был первым из преподавателей из числа коренной национальности на энергетическом факультете. Активно участвовал в подготовке инженерных кадров для республики. В своей педагогической деятельности постоянно работал над усовершенствованием учебного процесса, читал на хорошем уровне лекции, руководил курсовым и дипломным проектированием. Издал совместно с инженером Беляковым Ю. П. учебник «Горные линии электропередачи», 18 печ. листа. Является автором и соавтором ряда учебных пособий, методических указаний по курсовому и дипломному проектированию, руководств к лабораторным работам, к производственным практикам. За время заведования кафедрой электрические станции, сети и системы добился 100% обеспеченности всех курсов лабораторной базой, всеми методическими указаниями и пособиями. За время заведования этой кафедрой, кафедра в 1979 году добилась первого места среди всех кафедр политеха. Под руководством, непосредственном участии и инициативе в должности зав. кафедрой были модернизированы существующие и созданы три новые лаборатории, что позволило значительно повысить качество подготовки специалистов. Проведена большая работа

по улучшению материально-технической базы кафедры. Пять лет было потрачено на создание высоковольтной лаборатории техники высоких напряжений. Было приобретено уникальное оборудование для этой лаборатории: генератор импульсного напряжения на 2.4 млн. кВ., испытательный однофазный масляный трансформатор на 500 кВ (ИОМ – 500). В то время эта лаборатория была единственной в Средней Азии. Принимал активное участие в работе научно – методической комиссии по специальности «электрические станции» Минвуза СССР (примерно около 15 лет). Приказом министра В и ССО СССР №380 от 21 апреля 1976 года был включен в состав научно – методического совета по производственной практике Минвуза СССР, членом президиума. Обсуждали, принимали рекомендации по улучшению производственных практик в вузах СССР.

Подготовка кадров

Уделял большое внимание подготовке научно-педагогических кадров. Так за время заведования кафедрой эл. станции, сети и системы направил в целевую аспирантуру 12 человек, все были направлены в МЭИ, которые в настоящее время стали доцентами и профессорами и руководят кафедрами и факультетами. В истории ФПИ эта кафедра больше всех направила в аспирантуру людей. Перед аспирантурой преподаватели направлялись на годичную стажировку, за время которой определялись с темой диссертации, с руководителем темы, выполняли определенный задел по теме, что способствовало успешной работе над диссертацией. После окончания срока аспирантуры люди направлялись на трехмесячные стажировки, т.е. практически на один семестр. Таким образом, все аспиранты успешно завершили диссертации.

Научная работа

Научным руководителем в аспирантуре в 1961 году был назначен канд. техн. наук, доцент Луговой Вадим Семенович, зав. лабораторией электроэнергетики Института энергетики и водного хозяйства АН Киргизской ССР. Он предложил ряд тем, касающихся горных электропередач. Была выбрана тема по передачам постоянного тока, а именно вопросы использования земли в качестве обратного провода. Диссертацию завершил примерно в 1967 году. Защитить удалось лишь в 1971 году. Причин было много, главная - это отсутствие советов по защите диссертаций по энергетике по всей Средней Азии.

В дальнейшем руководил госбюджетными и хоздоговорными научно-исследовательскими работами. Это в основном были темы, касающиеся энергетики Кыргызстана. Важное место занимали вопросы использования богатейших запасов гидроэнергетических ресурсов республики. Этой тематике посвящен тематический сборник «Гидроэнергетические Киргизии и их использование», ряд книг и статей по вопросам использования гидроэнергоресурсов и развития гидроэнергетики, изданы такие книги, как «Гидроэнергетика Кыргызстана», «Малая гидроэнергетика Кыргызстана» и другие.

Рахимовым К. Р.совместно с Тулебердиевым Ж. Т. и Беляковым Ю. П. исследована, изучена история развития энергетики Кыргызстана, начиная с момента установки водомерных реек на реках еще до революции. По этой тематике им совместно выпущена монография «Развитие энергетики Кыргызстана», 33 печ. листа. Совместно с Беляковым Ю. П. издал книгу «Динамика топливно-энергетического комплекса Кыргызской Республики» и другие, тематический сборник «Особенности развития высокогорной энергетики Киргизии».

Третьим направлением научных исследований были вопросы электроснабжения горных районов, этой тематике посвящен ряд научных статей, монография «Вопросы электроснабжения населения в специфических условиях Кыргызстана». По этой тематике систематизированы различные способы электроснабжения. Более глубоко разработаны вопросы отбора мощности от высоковольтных ЛЭП, предложены различные конструкции минитрансформаторов, проведен ряд исследований по развитию малой гидроэнергетики.

Следующим направлением является разработка методов расчета линий электропередач, компенсации реактивных мощностей и управления ими. Наиболее существенными моментами в этой тематике является ряд предложений по теории электрических цепей, теории передачи электроэнергии, отказаться от существующей методики оценки устойчивости линии электропередачи, отказаться от расчетов линии по уравнениям однородной линии, предложил принимать схему замещения линии по новому принципу. Предложил новый метод расчета линии по балансу реактивных мощностей, метод определения оптимальной нагрузки силового трансформатора по минимуму потерь энергии. Для компенсации реактивной мощности предложил новый принцип регулирования индуктивности шунтирующих реакторов, путем изменения

величины зазоров в магнитопроводе. Имеется ряд авторских свидетельств. По этой тематике издал учебное пособие «Об электрическом расчете линии электропередачи», монографию «Линии электропередач Кыргызстана, особенности, методы расчета и управления».

Рассматривал вопросы развития электрических сетей Кыргызстана, его предложения позволили отказаться от строительства линии -500 кВ «Чалдовар- Кемин», стоимостью несколько десятков млн. долларов, им предложены оптимальные варианты выдачи мощности от Камбаратинской ГЭС №2, даны некоторые предложения по дальнейшему развитию электрических сетей Кыргызстана.

Систематизированы в соавторстве все научные исследования по проблеме горные линии электропередачи. Провел исследования вопросов подготовки инженерных кадров для энергетики, достижения выпускников энергетического факультета. По этой тематике издал книгу «Видные педагоги и выпускники энергетического факультета».

Общественная работа

За все время работы в ФПИ (КГТУ) всегда активно участвовал в общественной жизни факультета, института. Почти всегда был членом профбюро, профкома или членом партбюро или парткома института. Так за время членства в КПСС в течение 21 года, 19 лет был членом партбюро, из них один срок 3 года членом парткома, несколько раз избирался секретарем партбюро энергетического факультета. Неоднократно выполнял разовые поручения ректората и парткома. Дважды был начальником штаба факультета на сельхозработах, дважды начальником штаба по институту. Назначался зам ответ. секретаря, ответ. секретарем приемной комиссии. На полтора года привлекался консультантом Всемирного банка по вопросам реструктуризации и приватизации энергосектора Кыргызстана. По совместительству три года заведовал лабораторией экономики энергетики в Кыргызском научно-техническом центре «Энергия».

Является постоянным популяризатором энергетики в средствах массовой информации. Постоянно поднимает насущные вопросы и проблемы развития энергетики республики. Часто выступает в печати, телевидении по вопросам развития, реформирования энергетики и тарифам.

Награжден многими почетными грамотами, дипломами ФПИ (КГТУ), Кыргызглавэнерго и других организаций. Имеет большое количество благодарностей, не раз признавался победителем социалистического соревнования по месту работы.

Пользуется авторитетом среди вузовской общественности республики и энергетиков Кыргызстана за весомый вклад в подготовку инженеров – энергетиков, как ученый, сделавший определенный вклад в решении научных проблем энергетики Кыргызстана.

В настоящее время профессор Рахимов К. Р. полон сил и энергии, передает свой богатейший опыт и знания студентам и молодым преподавателям.

В 1971 г.защитил кандидатскую диссертацию, в 1972 г. присвоено ученое звание доцента, в 1999 г. присвоено звание профессора. В 1993 г. избран член - корреспондентом Инженерной академии, в 1996 г. академиком этой академии.В 1970 г. награжден медалью «За трудовую доблесть», в 1999 г. медалью «Данк», В 1980 г. присвоено почетное звание «Заслуженный энергетик Киргизской ССР», в 2009г. присвоено почетное звание «Заслуженный энергетик СНГ», в 2009 г. награжден знаком «Отличник промышленности и энергетики Кыргызской Республики».



АКАДЕМИК

ЖИВОГЛЯДОВ Валерий Петрович

Исполнилось 75 лет со дня рождения и 53 года научной, научно-организационной и общественной деятельности академика НАН КР, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Кыргызской Республики (1993), лауреата Государственной премии Кыргызской Республики в области науки и техники (2002)

В.П. ЖИВОГЛЯДОВ родился 25 августа 1938 года в с. Калининское (Кара-Балты) Киргизской ССР. Окончил школу с медалью. Выпускник Фрунзенского политехнического института, который окончил с отличием в 1960 г. и в котором затем 2 года проработал ассистентом. Досрочно закончил аспирантуру и в возрасте 26 лет защитил в Москве в АН СССР кандидатскую диссертацию, затем в возрасте 35 лет тоже в АН СССР защитил докторскую диссертацию. Профессор с 1977 года.

Специалист в области технической кибернетики и информатики.

Член-корреспондент с 1977 г, академик Национальной Академии наук Кыргызстана с 1984 г .

Имеет большой опыт научной, научно-педагогической и научно-организационной работы. На протяжении многих лет совмещал научную работу в Академии наук с преподавательской деятельностью, занимал должности ассистента, доцента, профессора, заведующего лабораторией и отделом, заместителя директора Института автоматики, главного ученого секретаря Президиума Академии наук Кыргызстана, заведующего кафедрой, декана.

Научная деятельность В. П. Живоглядова связана с развитием и применением методов системного анализа и теории адаптивного управления; информационных технологий и компьютерных систем; менеджмента знаний и электронного образования. Нужно отметить пионерский характер ряда разработок. Первой в республике монографией по алгоритмизации задач обработки информации в системах управления была изданная Академией наук в 1965 году книга В. П. Живоглядова «Автоматические системы с накоплением информации». Первая в Кыргызстане АСУ ТП на базе управляющей вычислительной машины была внедрена на Кантском цементно-шиферном комбинате.

Существенные результаты, нашедшие международное признание, получены им в области активно-адаптивного управления, теории систем дуального управления, идентификации и непараметрической адаптации в стохастических системах управления.

Исследования последних лет выполняются на стыке направлений: менеджмент знаний, информационные системы, теория дуального управления, электронное образование. На основе предложенной векторной модели зрелости электронного образования развита методология интеграции методов менеджмента знаний и электронного обучения, создана инструментальная система автоматизированного синтеза авторских мультимедийных электронных учебных курсов.Непосредственное применение результатов исследований осуществляется для решения практических задач электронного менеджмента знаний.

В 2009 г В. П. Живоглядовым при поддержке ПРООН-Кыргызстан проведены в Бишкеке и во всех обладминистрациях КР (Талас, Каракол, Нарын, Баткен, Джалал-Абад, Ош) презентации комплекса разработанных мультимедийных электронных курсов по электронному управлению, предназначенных для тренинга сотрудников государственного управления и местного самоуправления.

Результаты научных исследований представлены на многих научных конференциях и семинарах. В.П. Живоглядов - автор и соавтор 10 книг и более 280 научных публикаций, в том числе в трудах авторитетных международных конференций и конгрессов; руководил подготовкой 22 кандидатов наук и 3 докторов наук, большого числа инженеров, бакалавров и магистров.

Организатор кафедры АСУ Фрунзенского политехнического института (1976 - 1997); организатор и первый декан (1993 - 1997) Высшей школы новых информационных технологий Международного университета Кыргызстана; организатор и первый декан (1997- 2003) Факультета компьютерных технологий и Интернет (КАФ-Интернет) Института интеграции международных образовательных программ Кыргызского Национального университета; зав. кафедрой компьютерной инженерии (2004-2006) Кыргызско-Турецкого университета «Манас». Консультант и руководитель ряда международных проектов в сфере ИКТ. С 2006 года директор Центра электронного менеджмента знаний Кыргызско-Российского Славянского университета.

В.П. Живоглядов **—** заслуженный деятель науки Кыргызской Республики (1993);

Лауреат Государственной премии Кыргызской Республики в области науки и техники (2002);

Член Президиума Национальной Аттестационной комиссии при Правительстве КР (2008 — 2010); председатель экспертного совета ВАК КР;

Член Бюро Отделения ФТМГГН НАН КР (2008 — 2013);

член Комитета по государственным премиям Кыргызской Республики в области науки и техники (2008 - 2010), с 2001 г член Совета по информатизации при Правительстве КР,

Член редколлегий журналов «Вестник КРСУ», «Академический вестник».

Соавтор проектов Закона Кыргызской Республики “Об информатизации” (1999) и Национальной стратегии «Информационные и коммуникационные технологии для развития Кыргызской Республики» (2002);

Почетный гражданин гг Jackson и Clinton, шт.Mississippi, США (1991);

Почетный профессор Кыргызского государственного технического университета (2004).

Награжден орденом Кыргызской Республики «Данакер» (2003),

медалью Кыргызской Республики «Данк»(1999), медалями СССР (1970, 1988).



Кадыров Ишембек Шакирович, директор Института совместных образовательных программ, д.т.н., доцент по кафедре «Электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов», исполнилось 60 лет.

Кадыров Ишембек Шакирович, директор Института совместных образовательных программ, д.т.н., доцент по кафедре «Электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов» 1948 года рождения, кыргыз, образование высшее.

Кадыров Ишембек Шакирович окончил энергетический факультет Фрунзенского политехнического института, по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» в 1976 году. После окончания ФПИ был оставлен на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» для работы на должности инженера.

В 1977 г. был направлен на стажировку в Московский энергетический институт на кафедру «Автоматизированный электропривод». С 1978 по 1981 г.г. учился в аспирантуре МЭИ и в 1983 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме: «Разработка и исследование асинхронного экскаваторного электропривода с частотным управлением». Специальность 05.09.03 – «Электрооборудование».

С 1982 по 1994 г.г. работал на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФПИ на должностях преподавателя, старшего преподавателя, а с 1991г. – доцента. С 1994 г. по 2011 г. Кадыров И.Ш. по совместительству продолжал работать на должности профессора кафедры «Электромеханика» Энергетического факультета КГТУ им. И. Раззакова.

В 1994 году Министерством обороны Кыргызской Республики И.Ш. Кадыров был призван на действительную воинскую службу и получил поручение открыть «Военно - научно - исследовательский центр» (ВНИЦ) МО КР. В 1995 году при содействии президиума Инженерной Академии и руководства Министерства обороны Кыргызской Республики под руководством к.т.н., доцента И.Ш. Кадырова была организована секция «Военно-технических проблем» (ВТП). Основной задачей ВНИЦ МО КР и секции ВТП были координация и организация научных исследований, разработки в области вооружения и военной техники в Кыргызской Республике. В этот период работы научный потенциал центра занимался проектированием стрельбищного оборудования, другой военной техники, а также разработкой программного обеспечения компьютерной сети МО КР.

В 2002 г., после увольнения в запас в звании подполковника, И.Ш. Кадыров продолжил свою трудовую деятельность в должности заместителя директора по учебной и научной работе филиала Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова в г. Бишкеке.

В 2009 г. защитил докторскую диссертацию по теме: «Разработка быстродействующих микропроцессорных управляющих устройств для электромеханических систем машинных агрегатов» в диссертационном совете Д. 05.09.381 при Институте автоматики и информационных

технологий Национальной Академии наук Кыргызской Республики, возглавляемой д.т.н., проф., академиком НАН КР Шаршеналиевым Ж.Ш. Специальность 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

В сентябре 2011 года филиал БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова в г. Бишкеке был интегрирован в Кыргызский государственный технический университет и преобразован в Отдел по реализации проекта КГТУ – БГТУ. В связи с созданием Российско – Кыргызского Консорциума технических университетов в 2013 г. отдел по реализации проекта КГТУ – БГТУ вошел в состав Института совместных образовательных программ (ИСОП КГТУ) как СОП «КГТУ – БГТУ». Все эти преобразования проводились при непосредственном участии И.Ш. Кадырова. В настоящее время И.Ш. Кадыров является директором ИСОП КГТУ.

И.Ш. Кадыров занимается научно – исследовательской работой, являясь научным руководителем «Межвузовской учебной научно – исследовательской лаборатории», созданный совместно с БГТУ «ВОЕНМЕХ», руководителем 3-х соискателей по выполнению кандидатских диссертаций и научным консультантом одного докторанта. Под его руководством 7 различных научно-технических проектов внедрены в производство как в КР, так и в Российской Федерации.

И.Ш. Кадыровым опубликовано 60 научных статей в различных научно-технических журналах в издательствах КР и за рубежом, в том числе 1 монография и 8 учебно-методической литературы, в том числе 3 из них - с грифом МОиН КР «допущено в качестве учебного пособия».

Ведет занятия по следующим дисциплинам: «Теория автоматического управления в электромеханике», «Основы электропривода», «Автоматизированный электропривод типовых проиводственных механизмов», «Электромеханические системы», «Схемотехника». Руководит курсовыми, дипломными и научными работами студентов по специальностям «Информационные системы и технологии» и «Машины и технология обработки металла давлением».

Отличается высоким профессионализмом, ответственностью, способностью доводить порученное дело до конца. Обладает хорошими организаторскими способностями, умело, оперативно и профессионально грамотно решает глобальные и текущие вопросы, касающиеся как учебного процесса, так и вверенной образовательной структуры.

В общественных мероприятиях, проводимых в КГТУ им. И. Раззакова, принимает активное участие. Является членом Ректорского и Ученого советов КГТУ им. И. Раззакова.